



Bericht zur Reduktion des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln in Bayern

Stand: September 2025

Titelbild: Klaus Gehring, LfL

Vorwort

Sehr geehrte Damen und Herren,

ich freue mich Ihnen den aktualisierten Bericht zur Reduktion des Einsatzes von chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln in Bayern vorstellen zu können.

Der Bericht beschreibt den im Jahr 2019 begonnenen Prozess der Reduktion des Einsatzes chemisch-synthetischer Pflanzenschutzmittel in Bayern und die in den Bereichen Forschung, Bildung, Beratung und Förderung ergriffenen Maßnahmen.

Die Pflanzenschutzdaten dieses Berichts, die die Landwirtschaft betreffen, basieren erstmals auf dem sogenannten „Pflanzenschutzmittel-Messnetzwerk Bayern“. Mein Dank gilt allen Betrieben, die sich beteiligen. Ich empfinde es als großen Erfolg, dass es gemeinsam und auf freiwilliger Basis gelungen ist, damit eine repräsentative Datenerhebung für Bayern auf die Füße zu stellen. Der Vergleich mit den Marktforschungsdaten, die im letzten Jahr verwendet wurden, zeigt eine parallele Entwicklung der Einsatzmengen über die Erhebungsjahre und damit eine hohe Verlässlichkeit der ermittelten Werte aus beiden voneinander unabhängigen Erhebungen. Und der Vergleich zeigt auch, dass wir mit dem „Pflanzenschutzmittel-Messnetzwerk Bayern“, die in den Marktforschungsdaten vorhandene Erhebungslücke, die wir im letzten Bericht identifiziert haben, schließen können.

Die Bewertung des Risikos, das von chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln ausgeht, basiert auf dem sogenannten „Harmonisierten Risikoindikator 1“, den wir bereits im vergangenen Jahr ausgewiesen haben, und nun erstmals auch auf dem sogenannten „Pesticide-Load-Indikator“ (PLI). Der „Pesticide-Load-Indikator“ mit den Teilbereichen Ökotoxizität, Umweltverhalten und Anwendergesundheit wurde in Dänemark entwickelt, um dort die Entwicklung des theoretischen Risikos bei der Nutzung von Pflanzenschutzmitteln zu bewerten.

Zu den zentralen Ergebnissen:

Die Menge der in den wichtigsten Kulturen eingesetzten chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmittelwirkstoffe ist im Jahr 2023 leicht angestiegen. Im Vergleich zum Durchschnitt des Referenzzeitraums (2014 bis 2018) liegt sie allerdings um knapp 18 Prozent niedriger.

Gleichzeitig lag der „Harmonisierte Risikoindikator 1“ im Jahr 2023 um 60 Prozent unter dem Mittel des Referenzzeitraums. Der „Pesticide-Load-Indikator“ hatte insgesamt einen Rückgang von 71 Prozent zu verzeichnen, was ganz wesentlich auf einen erheblichen Rückgang im Teilbereich Umweltverhalten um 79 Prozent zurückzuführen ist. Besonders hervorzuheben ist dabei auch der Rückgang des „Pesticide-Load-Indikators“ bei der potenziellen Gefährdung von Bienen aufgrund akuter Toxizität um 58 Prozent und bei der Gefährdung von Regenwürmern durch akute Toxizität um 46 Prozent. Diese Entwicklungen sind sehr erfreulich.

Wir sind auf dem Weg, chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel in Bayern einzusparen und Risiken zu reduzieren, eine erste wichtige Wegetappe haben wir erfolgreich bewältigt.

München, im September 2025



Michaela Kaniber

Bayerische Staatsministerin

für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	1
Zusammenfassung	5
1 Einleitung	7
1.1 Relevante Anwendungsbereiche für den Pflanzenschutz.....	7
1.1.1 Landwirtschaft.....	7
1.1.2 Wald	10
1.1.3 Freizeitgartenbau	11
1.1.4 Flächen für die Allgemeinheit.....	11
1.1.5 Nichtkulturland.....	11
1.2 Rechtliche Vorgaben zum integrierten Pflanzenschutz.....	12
1.3 Daten zum Pflanzenschutz in Deutschland	14
1.3.1 Inlandsabsatz an Pflanzenschutzmitteln.....	14
1.3.2 Bundesweite Erhebungen zum Pflanzenschutzmitteleinsatz	15
1.4 Risikobewertung.....	16
1.4.1 Harmonisierte Risikoindikatoren	16
1.4.2 Pesticide-Load-Indikator	17
1.5 Reduktion des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln als Ziel in Bayern..	18
2 Pflanzenschutzmitteleinsatz in Bayern	20
2.1 Landwirtschaft.....	20
2.1.1 Dauergrünland.....	20
2.1.2 Ackerbau- und Sonderkulturen	21
2.1.2.1 Mais.....	22
2.1.2.2 Winterweizen	25
2.1.2.3 Gerste	28
2.1.2.4 Winterraps	33
2.1.2.5 Zuckerrüben	35
2.1.2.6 Kartoffeln	37
2.1.2.7 Hopfen.....	39
2.1.2.8 Weinreben	42
2.1.2.9 Apfel.....	45
2.1.2.10 Gesamtergebnis Ackerbau- und Sonderkulturen.....	48
2.1.2.11 Vergleich der aktuellen Schätzung mit der Schätzung aus der Marktforschung	52

2.1.2.12	Risikobewertung mit dem Pesticide-Load-Indikator	54
2.1.2.13	Risikobewertung mit dem Harmonisierten Risikoindikator.....	70
2.2	Wald	73
2.3	Freizeitgartenbau	76
2.4	Flächen für die Allgemeinheit.....	78
2.5	Nichtkulturland.....	79
2.6	Zusammenfassende Betrachtung über Anwendungsbereiche	81
3	Maßnahmen zur Einsparung von chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln	84
3.1	Wissenstransfer	84
3.2	Forschung	93
3.3	Förderung	105
4	Literatur	107

Zusammenfassung

In Bayern werden chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel in der Landwirtschaft, im Wald, im Siedlungs- und im Verkehrsbereich eingesetzt. Pflanzenschutzmaßnahmen müssen nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis durchgeführt werden. Das Leitbild ist der integrierte Pflanzenschutz, wonach unter Berücksichtigung biologischer, biotechnischer, pflanzenzüchterischer sowie anbau- und kulturtechnischer Maßnahmen die Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel auf das unbedingt notwendige Maß beschränkt werden soll.

Die Bayerische Staatsregierung verfolgt das Ziel den Einsatz von chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln bis 2028 um 50 % zu reduzieren. Als Ausgangsbasis für den Pflanzenschutzmitteleinsatz in Bayern dient das 5-jährige Mittel der Jahre 2014 bis 2018. Im vorliegenden Bericht wird die Entwicklung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes in Bayern von 2014 bis 2023 anhand verschiedener Indikatoren beschrieben und die Fortschritte bei der Zielerreichung vorgestellt.

Rund ein Drittel der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF), die konventionell bewirtschaftet wird, ist Dauergrünland und der Pflanzenschutz hat dort nur eine geringe Bedeutung. Ein flächiger Herbizideinsatz ist nur in Ausnahmefällen nach einer Genehmigung der Naturschutzbehörde möglich.

Rund zwei Drittel der konventionell bewirtschafteten LF besteht aus Ackerland und Dauerkulturen. Für den vorliegenden Bericht wurden Daten von zehn Referenzkulturen (Mais, Winterweizen, Wintergerste, Sommergerste, Winterraps, Zuckerrüben, Kartoffeln, Hopfen, Weinreben, Apfel) ausgewertet. Diese Kulturen deckten 2023 rund 83% der konventionell bewirtschafteten Fläche mit Status Ackerland oder Dauerkultur ab und sind besonders relevant für den Einsatz von chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln. Für den Zeitraum von 2014 bis 2023 wurden hierzu Daten von repräsentativen Betrieben (PSM-Messnetzwerk) analysiert.

Die Menge an chemisch-synthetischen Wirkstoffen, die insgesamt in den betrachteten Kulturen zur Anwendung kamen, sank von durchschnittlich 3.327 t pro Jahr (Mittelwert 2014-2018, Basislinie) auf 2.797 t (2023), was einem Rückgang um rund 16 % entspricht. Die Wirkstoffmenge pro Hektar ging um 9 % zurück auf 1,9 kg/ha im Jahr 2023. Herbizide hatten durchgängig den größten Anteil, gefolgt von den Fungiziden. Der durchschnittliche Behandlungsindex als Maß für die Intensität des chemisch-synthetischen Pflanzenschutzes fällt je nach Kultur unterschiedlich aus. Im Jahr 2023 war er am höchsten bei Apfel (25,5) gefolgt von Weinreben (16,2), Kartoffeln (15,1), Hopfen (11,5), Winterraps (6,3), Zuckerrüben (5,1), Winterweizen (5,1), Wintergerste (4,7), Sommergerste (3,5) und Mais (2,0).

Im Vergleich zu den Daten aus der Marktforschung (Bericht des Vorjahres) zeigen die Daten aus dem PSM-Messnetzwerk ebenfalls einen rückläufigen Trend. Insgesamt liegen die jetzt vorliegenden Zahlen auf einem höheren Niveau als die Zahlen aus der Marktforschung insbesondere aufgrund besserer Schätzwerte für einzelnen Wirkstoffe (Glyphosat, Chlormequat) sowie aufgrund der Einbeziehung von Molluskiziden in die Auswertung.

Als Indikatoren zur Bewertung des Risikos, das mit der Anwendung chemisch-synthetischer Wirkstoffe einhergeht, wurden der dänische Pesticide-Load-Indikator (PLI_{cs}) und der

Harmonisierte Risikoindikator 1 der Europäischen Kommission (HRI 1_{cs}) verwendet. Beim PLI_{cs} wurde in den Teilbereichen Ökotoxizität (2023: 1,0), Umweltverhalten (5,3) und Anwendergesundheit (2,2) im Vergleich zur Basislinie bis 2023 jeweils ein Rückgang um 29 %, 79 % bzw. 19 % ermittelt. Beim über die drei Teilbereiche aufsummierten PLI_{cs} insgesamt war ein Rückgang um 71 % zu verzeichnen (2023: 8,5). Der HRI 1_{cs} lag im Jahr 2023 um etwa 60 % unter der Basislinie.

Im Wald ausgebrachte chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittelwirkstoffe haben einen sehr geringen Anteil an der Gesamtmenge (< 0,05 %), obwohl der Waldschutz seit 2018 insbesondere aufgrund von Borkenkäferkalamitäten an Intensität zugelegt hat. Die ermittelte Wirkstoffmenge basiert auf Daten der Forstverwaltung und der Bayerischen Staatsforsten. Während im Referenzzeitraum im Staats-, Privat- und Körperschaftswald vom Boden aus und in Einzelfällen zusätzlich über Luftfahrzeuge durchschnittlich 0,13 t pro Jahr appliziert wurden, lag die Menge im Jahr 2023 bei rund 0,5 t.

Die im Freizeitgartenbau von nicht-beruflichen Anwendern applizierte Wirkstoffmenge wurde ausgehend von bundesweiten Absatzzahlen anteilmäßig über die Fläche geschätzt. Demnach ergab sich im Vergleich zum Referenzzeitraum (67 t) ein Rückgang um 25 % auf 51 t im Jahr 2023.

Die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln auf Nichtkulturland ist grundsätzlich verboten. Sofern Ausnahmegenehmigungen erteilt werden, handelt es sich um sicherheitsrelevante Bereiche. Die Mehrheit der erteilten Ausnahmegenehmigungen betrifft die Anwendung von Herbiziden auf Bahnhöfen, Gleisanlagen und sonstigen Infrastrukturobjekten schienengebundenen Verkehrs. Die auf Gleisanlagen der Deutschen Bahn applizierte Wirkstoffmenge wurde ausgehend von bundesweiten Zahlen anteilig über die Gleislänge in Bayern ermittelt. Demnach ergab sich im Vergleich zum Referenzzeitraum (12,3 t) ein Rückgang um 71 % auf 3,6 t im Jahr 2023.

Pflanzenschutzmittelanwendungen im Garten-, Landschafts- und Sportplatzbau betreffen häufig Flächen, die für die Allgemeinheit bestimmt sind. Dort ist es gesetzlich vorgeschrieben, die Verwendung von Pflanzenschutzmitteln so weit wie möglich zu minimieren. Der tatsächliche Behandlungsumfang auf diesen Flächen lässt sich nur schwer abschätzen, da der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln im öffentlichen Grün nicht zentral erfasst wird. Jedoch versuchen die Kommunen bereits heute den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln zu reduzieren.

Bei der Wirkstoffmenge ergibt sich somit insgesamt eine Basislinie für den Referenzzeitraum 2014 bis 2018 von 3.407 t an eingesetzten chemisch-synthetischen Wirkstoffen und ein Rückgang bis 2023 auf 2.852 t (-18 %). Dabei nahm die in den Referenzkulturen eingesetzte Wirkstoffmenge 2023 rund 98 % ein, gefolgt vom Freizeitgartenbau (1,8 %), von den Gleisanlagen der Deutschen Bahn (0,1 %) und vom Wald (< 0,05 %).

Die Reduzierung des PSM-Einsatzes ist ein gesamtgesellschaftliches Ziel, wobei die Landwirtschaft das größte Einsparpotenzial bietet. Ziel ist es, das Risiko für Mensch und Umwelt zu minimieren, ohne die landwirtschaftliche Produktion zu gefährden. Die Staatsregierung unterstützt den Umsetzungsprozess mit einem ganzen Maßnahmenbündel in den Bereichen Forschung, Wissenstransfer und Förderung. Im landwirtschaftlichen Bereich liegt der Fokus neben den Forschungen zum ökologischen Landbau auf der Weiterentwicklung des integrierten Pflanzenschutzes, insbesondere auf vorbeugenden Maßnahmen.

1 Einleitung

1.1 Relevante Anwendungsbereiche für den Pflanzenschutz

Der Freistaat Bayern ist mit 7,05 Mio. ha das flächenmäßig größte Bundesland Deutschlands und verfügt unter den Bundesländern über die größte landwirtschaftlich genutzte Fläche. Die Landwirtschaft prägt mit einem Anteil von rund 46 % an der Gesamtfläche das Bild der bayerischen Kulturlandschaft ganz entscheidend (Abb. 1). Der Wald nimmt etwa 35 % der Landesfläche ein, während Siedlungsräume (8 %) und Verkehr (5 %) geringere Anteile haben. Pflanzenschutzmittel kommen in allen genannten Bereichen zur Anwendung.

Pflanzenschutzmaßnahmen müssen nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis durchgeführt werden. Das Leitbild ist der integrierte Pflanzenschutz, wonach unter Berücksichtigung biologischer, biotechnischer, pflanzenzüchterischer sowie anbau- und kulturtechnischer Maßnahmen die Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel auf das unbedingt notwendige Maß beschränkt werden soll.

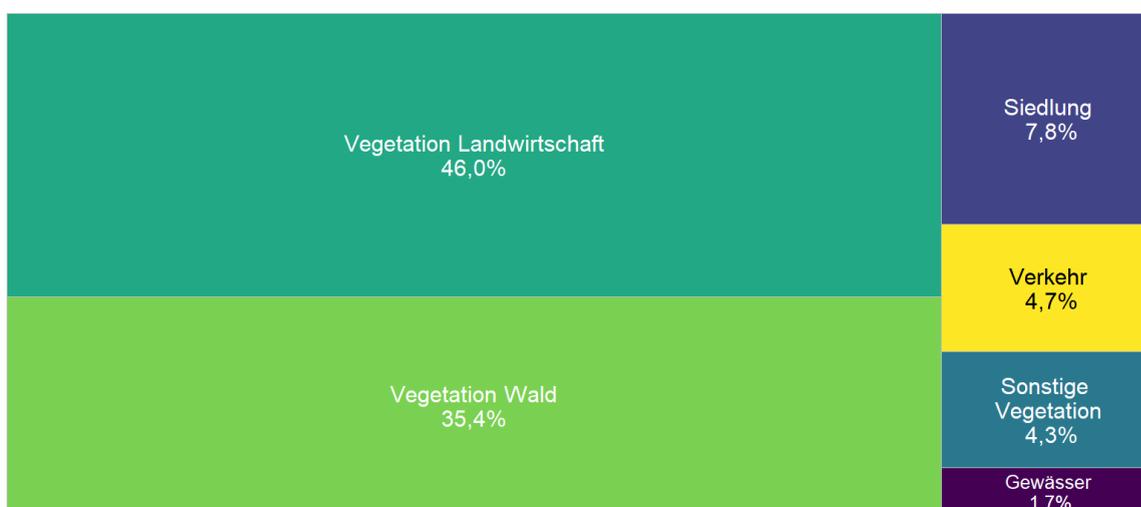


Abb. 1: Anteile an der bayerischen Gebietsfläche von 7,05 Mio. ha in Prozent [1]

1.1.1 Landwirtschaft

Bayern ist eine der führenden Kernregionen der Land- und Ernährungswirtschaft in Europa. Die bayerische Land- und Ernährungswirtschaft ist wie kaum ein anderer Wirtschaftszweig eingebettet in regionale, nationale und internationale Rahmenbedingungen, die sich laufend verändern.

Die Landwirtschaft in Bayern erzeugt vielfältige, qualitativ hochwertige Lebensmittel und nachwachsende Rohstoffe für die energetische und stoffliche Verwertung auf gesunden und fruchtbaren Böden. Die multifunktionale Ausrichtung der bäuerlichen Betriebe geht aber weit über die reine Produktionsfunktion hinaus. Moderne landwirtschaftliche Betriebe erfüllen heute zusätzlich Dienstleistungs-, Öko- und Ausgleichsfunktionen für Gesellschaft, Natur und Umwelt. Durch die Gestaltung sogenannter „weicher“ Standortfaktoren machen sie Bayern als Standort für Wirtschaft und Gesellschaft attraktiv. Die Landwirtschaft

erbringt zudem vielfältige Vorleistungen für andere Wirtschaftsbereiche und trägt so maßgeblich zur Entwicklung und Stabilität der ländlichen Räume bei. Bäuerinnen und Bauern erhalten und pflegen mit ihrer Arbeit die abwechslungsreiche Kulturlandschaft, die von Einheimischen ebenso geschätzt wird wie von Urlaubern und Erholungssuchenden aus aller Welt.

Im Jahr 2023 betrug die landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF) in Bayern rund 3,09 Mio. ha. Zwei Drittel (66 %) der LF wurden ackerbaulich und knapp 34 % als Dauergrünland genutzt. Rund 14 % der LF wurden ökologisch und 86 % konventionell bewirtschaftet. Der ökologische Landbau ist mit seinem gesamtbetrieblichen und an geschlossenen Kreisläufen orientierten Ansatz eine besonders nachhaltige Form der Landbewirtschaftung. Er trägt durch den Verzicht auf chemisch-synthetische Dünge- und Pflanzenschutzmittel in besonderer Weise zur Schonung der Umwelt, zur Erhaltung von natürlichen Ressourcen, zur Sicherung der Biodiversität sowie zum Klimaschutz bei.

Die Bayerische Staatsregierung verfolgt das Ziel den Einsatz von chemisch synthetischen Pflanzenschutzmitteln bis 2028 um 50 % zu reduzieren. In der Landwirtschaft werden chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel grundsätzlich nur im Rahmen der konventionellen Bewirtschaftung verwendet. Daher sind in Hinblick auf die Beurteilung des Fortschritts bei der Zielerreichung die konventionell bewirtschaftete LF und diejenigen Bodennutzungsarten, die einen großen Anteil an der konventionell bewirtschafteten LF haben bzw. die eine hohe Pflanzenschutzintensität aufweisen, besonders wichtig.

Rund 31 % der konventionell bewirtschafteten LF sind Dauergrünland (Tab. 1). Der Pflanzenschutz hat auf dem Grünland nur eine sehr geringe Bedeutung und der Einsatz von Herbiziden unterliegt starken Einschränkungen. Gemäß dem Bayerischen Naturschutzgesetz ist ein flächiger Herbizideinsatz nur noch in Ausnahmefällen nach einer Genehmigung der Naturschutzbehörde möglich.

Insgesamt machte Getreide zur Körnergewinnung (ohne Körnermais) 2023 rund 31 % der konventionell bewirtschafteten LF aus, wobei die größten Anteile Winterweizen (17 %), Wintergerste (8 %) und Sommergerste (3 %) hatten. Die Herausforderung besteht darin qualitativ hochwertiges und gesundes Getreide in ausreichender Menge nachhaltig zu produzieren.

Daneben wurden 2023 auf etwa 19 % der konventionell bewirtschafteten LF Silo- und Körnermais angebaut. Pflanzenschutz im Mais beschränkt sich in der Regel auf die Kontrolle von Unkräutern. Silomais ist die bedeutendste Kultur innerhalb der Pflanzen zur Grünernte. Weitere Kulturen in dieser Gruppe (z. B. Klee gras, Acker gras, Luzerne) machten 2023 rund 5 % der konventionell bewirtschafteten LF aus. In diesen Kulturen findet in der Regel kein flächendeckender chemisch-synthetischer Pflanzenschutz statt.

Handelsgewächse und Hackfrüchte wie Kartoffeln, Zuckerrüben und Winterraps haben einen geringeren Anteil an der konventionell bewirtschafteten LF (1 %, 2 % bzw. 4 %). Die Intensität des Pflanzenschutzes ist in der Regel aber hoch. Ein besonderes Handelsgewächs stellt der Hopfen in Bayern dar, der zu 99 % konventionell bewirtschaftet wird und in die ganze Welt verkauft wird. Die restlichen Handelsgewächse und Hackfrüchte machten zusammen nur 0,4 % der konventionell bewirtschafteten LF aus.

Hülsenfrüchte wie Erbsen, Ackerbohnen und Sojabohnen stellen bedeutende heimische Eiweißfrüchte dar. Ihr Anbau nimmt seit Jahren zu und etwa 34 % ihrer Anbaufläche wurden im Jahr 2023 ökologisch bewirtschaftet. Ihr Anteil an der konventionell bewirtschafteten LF betrug im Jahr 2023 rund 1 %.

Der Weinbau in Bayern konzentriert sich auf Franken. Weitere, im Vergleich bedeutend kleinere Weinanbaugebiete finden sich am bayerischen Bodensee und bei Regensburg an der Donau. Etwa 85 % der Rebfläche wurde 2023 konventionell bewirtschaftet, was 0,2 % der konventionell bewirtschafteten LF entsprach.

Baum- und Beerenobst in Bayern wurden 2023 auf rund 4.500 ha angebaut. Diese wurden zu rund 73 % konventionell bewirtschaftet. Der Anteil von Kernobst (Apfel, Birne) an der konventionell bewirtschafteten LF lag bei etwa 0,05 %. Die flächenmäßig bedeutendsten Apfelanbaugebiete Bayerns befinden sich im Landkreis Lindau am Bodensee sowie in Teilen Frankens.

Die Erzeugung von Gemüse, Erdbeeren und anderen Gartengewächsen (v.a. Blumen und Zierpflanzen) im Erwerbsgartenbau nahm 2023 zusammen etwa 0,6 % der konventionell bewirtschafteten LF Bayerns ein. Brache und stillgelegtes Ackerland in Bayern hatten im Jahr 2023 einen Anteil von 1,2 % an der konventionell bewirtschafteten LF.

Tab. 1: Flächen nach Nutzungsart, Anteil der konventionell bewirtschafteten Fläche¹ an der LF nach Nutzungsart und Anteil der Nutzungsart an der konventionell bewirtschafteten LF in Bayern im Jahr 2023 (Agrarstrukturhebung)

Nutzungsart	Fläche (1.000 ha)	Anteil konv. Bewirts. an der LF	Anteil Nutzungsart an konv. bew. LF
LF	3.086,5	86 %	100,0 %
Dauergrünland	1.039,6	80 %	31,3 %
Winterweizen (einschließlich Dinkel und Einkorn)	489,5	92 %	16,9 %
Wintergerste	212,0	98 %	7,8 %
Sommergerste	90,3	93 %	3,1 %
Körnermais	114,1	94 %	4,0 %
Restliches Getreide zur Körnergewinnung	133,9	73 %	3,7 %
Silomais/Grünmais	412,3	98 %	15,1 %
Restliche Pflanzen zur Grünernte	208,2	68 %	5,3 %
Kartoffeln	38,6	92 %	1,3 %
Zuckerrüben	62,1	95 %	2,2 %
Winterraps	110,3	99 %	4,1 %
Hopfen	17,8	99 %	0,7 %
Restliche Handelsgewächse und Hackfrüchte	18,8	68 %	0,5 %
Hülsenfrüchte zur Körnergew. (Erbsen, Soja u.a.)	47,0	66 %	1,2 %
Rebflächen	5,9	85 %	0,2 %
Baum- und Beerenobst (einschließlich Nüsse)	4,5	73 %	0,1 %
Rest Dauerkulturen	3,2	97 %	0,1 %
Gemüse, Erdbeeren u.a. Gartengewächse	21,0	81 %	0,6 %
Stilllegung und Brache	39,2	82 %	1,2 %
Rest Ackerland	18,2	82 %	0,6 %

¹ Flächen abzüglich ökologischer Flächen

1.1.2 Wald

Bayern ist das Waldland Nummer 1 in Deutschland. Mehr als jeder fünfte Hektar des deutschen Waldes liegt in Bayern [2] und mehr als jeder vierte Festmeter Holz steht in den Wäldern des Freistaats [3]. Der Wald als unser „grünes Drittel“ ist gleichzeitig umweltfreundliche Produktionsstätte für den nachwachsenden Rohstoff Holz zur energetischen und stofflichen Nutzung, Bollwerk gegenüber Naturgefahren wie Hochwasser oder Lawinen, Quelle sauberer Luft und von Trinkwasser, Hort der Biodiversität sowie ein natürlicher Erholungsraum für unsere Bevölkerung.

Die Waldfläche in Bayern beträgt rund 2,6 Mio. ha. Fast 30 % der Gesamtwaldfläche ist im Eigentum des Freistaates Bayern, der zum größten Teil durch das Unternehmen Bayerische Staatsforsten AöR (BaySF) bewirtschaftet wird (Abb. 2)



Abb. 2: Aufteilung der Waldfläche in Bayern nach Waldeigentumsarten [4]

Um die ökologischen, ökonomischen und gesellschaftlichen Ansprüche an den Wald ausgewogen und umfangreich zu erfüllen, soll die gesamte Waldfläche in Bayern nachhaltig bewirtschaftet werden. Die rund 700.000 bayerischen Waldbesitzerinnen und Waldbesitzer werden dabei vom Freistaat Bayern intensiv unterstützt: ob durch Beratung, finanzielle Förderung oder die Stärkung ihrer forstwirtschaftlichen Zusammenschlüsse. Weil die Wälder mit ihren Ökosystemleistungen (Schutz-, Nutz- und Erholungsfunktionen, Lebensraum) so wichtig sind, sollen diese Leistungen heute erbracht und für die Zukunft sichergestellt werden. Eine besondere Herausforderung ist, die Wälder in Bayern für den Klimawandel fit zu machen und dafür Sorge zu tragen, dass künftige Generationen mindestens den gleichen Nutzen aus den Wäldern ziehen können wie wir heute. Die Pflege und der Erhalt des Waldes sind aktive Daseinsvorsorge.

Die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln im Wald unterliegt grundsätzlich den gleichen Rahmenbedingungen wie in der Landwirtschaft. Der Einsatz chemisch-synthetischer Pflanzenschutzmittel ist im Wald aber eher die Ausnahme, als die Regel. Es gibt aber Situationen, in denen vorbeugende oder mechanische Regulierungsmaßnahmen nicht wirksam sind und Schäden an Kulturen oder Pflanzenerzeugnissen drohen. In diesen ist der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln als „letztes Mittel der Wahl“ möglich.

1.1.3 Freizeitgartenbau

Der Freizeitgartenbau hat in Bayern einen wichtigen ökologischen, sozioökonomischen, psychotherapeutischen und kulturellen Stellenwert. Rund 2 Millionen Hobbygärtnerinnen und Hobbygärtner bewirtschaften eine Fläche von zusammen rund 135.000 ha [5].

Umfragen und Experteninterviews zeigten, dass Freizeitgärtner Pflanzenschutz betreiben, um in erster Linie schöne und gesunde Pflanzen zu besitzen [6]. Während im Kleingartenbereich insbesondere der Anbau von Obst und Gemüse für den eigenen Bedarf im Vordergrund steht, geht der Trend im Hausgartenbereich zum pflegeleichten Garten mit größerem Anteil an Rasenflächen und Ziergehölzen. Aus der Sicht von Experten (Beratung, Verbände, Behörden) gibt es zwar eine vermehrt kritische Haltung in Bezug auf Pflanzenschutzmittel und bisweilen den bewussten Verzicht darauf sowie die Nutzung von umweltfreundlichen Alternativen und resistenten Sorten. Insbesondere im Hausgartenbereich, wo Zeitmangel und Erholungsbedürfnisse dominieren und man häufig mit einfachen Maßnahmen schnelle und dauerhafte Erfolge erzielen will, wird der Herbizideinsatz jedoch als sehr hoch (bis zu 75 % aller möglichen Pflanzenschutzmaßnahmen) eingestuft.

1.1.4 Flächen für die Allgemeinheit

Pflanzenschutzmittelanwendungen im Garten-, Landschafts- und Sportplatzbau betreffen häufig Flächen, die für die Allgemeinheit bestimmt sind. Sofern diese Flächen nicht ausdrücklich temporär für die Allgemeinheit gesperrt sind, zählen dazu insbesondere öffentliche Parks und Gärten, Grünanlagen in öffentlich zugänglichen Gebäuden, öffentlich zugängliche Sportplätze einschließlich Golfplätze, Schul- und Kindergartengelände, Spielplätze, Friedhöfe sowie Flächen in unmittelbarer Nähe von Einrichtungen des Gesundheitswesens.

Der Gesetzgeber hat in § 17 Pflanzenschutzgesetz (PflSchG) einen besonderen Schutz für die Allgemeinheit im Gesetz verankert. Damit ist auf Flächen, die für die Allgemeinheit bestimmt sind, die Verwendung von Pflanzenschutzmitteln so weit wie möglich zu minimieren. Pflanzenschutzmittel mit geringem Risiko für Personen, die sich in der Nähe dieser Flächen aufhalten, sowie biologischen und nichtchemischen Bekämpfungsmaßnahmen ist hier der Vorzug zu geben [7].

1.1.5 Nichtkulturland

Unter Nichtkulturland sind befestigte Freilandflächen und sonstige Freilandflächen zu verstehen, die weder landwirtschaftlich noch forstwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzt werden. Unter gärtnerischer Nutzung ist dabei jede gärtnerische Nutzung zu verstehen, u. a. auch diejenige in Haus- und Kleingärten, Parks, Grünanlagen, Sportanlagen und Golfplätzen. Beispiele für Nichtkulturland sind Industrie-, Wege- und Verkehrsflächen, Gleisanlagen, Flächen mit landwirtschaftlich, nicht genutzten Pflanzenbeständen, Flächen an und in Gewässern, Böschungen, Feldraine, Feldgehölze, Hecken, die keiner regelmäßigen Pflege unterliegen, Hof- und Betriebsflächen, Parkplätze, Grundstücks- und Garageneinfahrten, Geh- und Radwege, Bürgersteige, Tribünen, Treppenanlagen sowie nicht begrünte Flächenanteile von Sportplätzen [8].



Abb. 3: Auf gepflasterten und anderweitig befestigten Flächen ist die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln grundsätzlich verboten (Fotos: Jakob Maier, LfL).

Die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln auf Nichtkulturland ist grundsätzlich verboten. Laut § 12 Absatz 2 des Pflanzenschutzgesetzes kann die zuständige Behörde aber Ausnahmen für die Anwendung zugelassener Pflanzenschutzmittel auf Nichtkulturland genehmigen, wenn der angestrebte Zweck vordringlich ist und mit zumutbarem Aufwand auf andere Art nicht erzielt werden kann und wenn überwiegende öffentliche Interessen, insbesondere des Schutzes der Gesundheit von Mensch und Tier oder des Naturhaushaltes, nicht entgegenstehen. Die Bekämpfung von unerwünschtem Pflanzenbewuchs im Rahmen der Vegetationskontrolle erfordert von den dafür Verantwortlichen die Berücksichtigung der unterschiedlichen Interessenlagen und gesetzlichen Vorgaben.

1.2 Rechtliche Vorgaben zum integrierten Pflanzenschutz

Der Pflanzenschutz wird von der EU sehr umfassend geregelt (z. B. EU-Verordnung zum Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln (Verordnung (EG) Nr. 1107/2009), Richtlinie 2009/128/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über einen Aktionsrahmen der Gemeinschaft für die nachhaltige Verwendung von Pestiziden). Ziel der Richtlinie 2009/128/EG ist es, die mit der Verwendung von Pflanzenschutzmitteln verbundenen

Risiken und Auswirkungen für die menschliche Gesundheit und die Umwelt zu verringern und die Anwendung des integrierten Pflanzenschutzes (Abb. 4) sowie alternativer Methoden oder Verfahren wie nichtchemischer Alternativen zu Pflanzenschutzmitteln zu fördern.

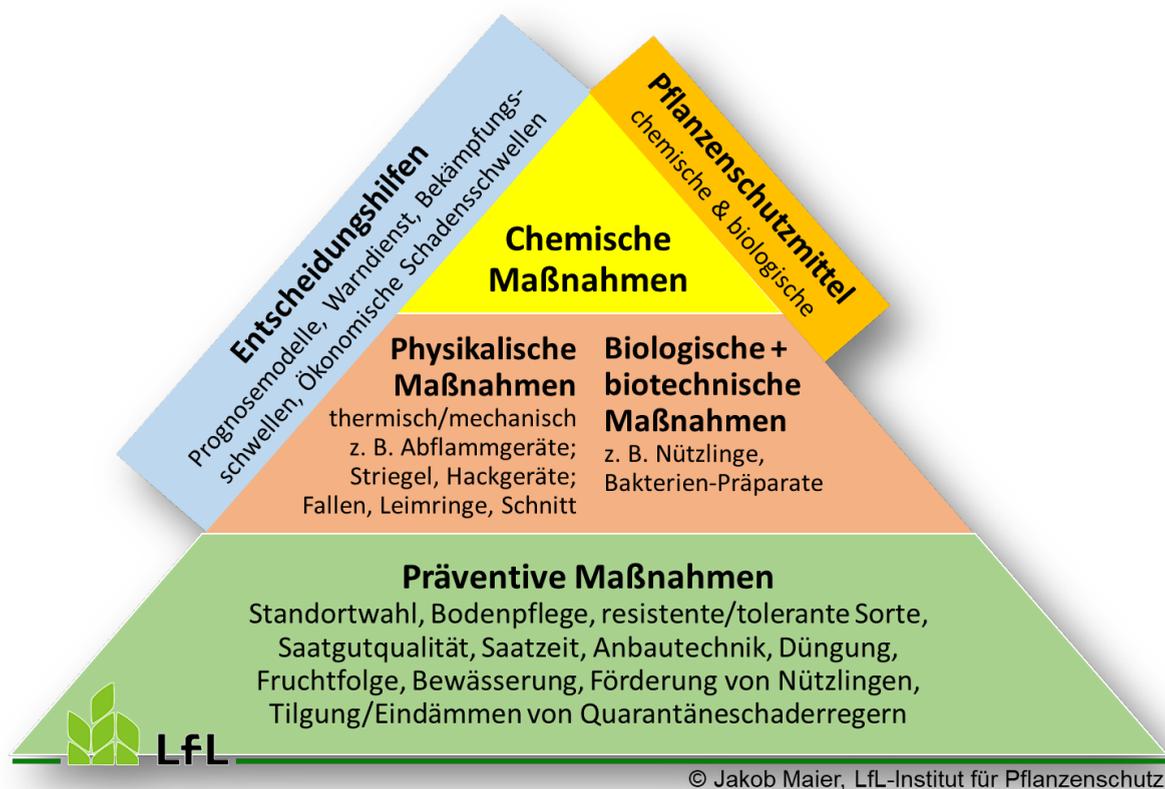


Abb. 4: Das Konzept des integrierten Pflanzenschutzes

Umgesetzt wird das EU-Recht in Deutschland vor allem mit dem Pflanzenschutzgesetz und mehreren Verordnungen (z. B. Pflanzenschutz-Anwendungsverordnung). In Bayern wurde zusätzlich mit dem Bayerischen Naturschutzgesetz die flächenhafte Anwendung von Pflanzenschutzmitteln auf Grünland verboten.

Alle beruflichen Verwender von Profi-Pflanzenschutzmitteln müssen die allgemeinen Grundsätze des integrierten Pflanzenschutzes einhalten. Der Ausdruck **Integrierter Pflanzenschutz** ist dabei definiert als *die sorgfältige Abwägung aller verfügbaren Pflanzenschutzmethoden und die anschließende Einbindung geeigneter Maßnahmen, die der Entstehung von Populationen von Schadorganismen entgegenwirken und die Verwendung von Pflanzenschutzmitteln und anderen Abwehr- und Bekämpfungsmethoden auf einem Niveau halten, das wirtschaftlich und ökologisch vertretbar ist und Risiken für die menschliche Gesundheit und die Umwelt reduziert oder minimiert. Der integrierte Pflanzenschutz stellt auf das Wachstum gesunder Nutzpflanzen bei möglichst geringer Störung der landwirtschaftlichen Ökosysteme ab und fördert natürliche Mechanismen zur Bekämpfung von Schädlingen.* Bereits im Jahr 1986 definierte das Pflanzenschutzgesetz in Deutschland den integrierten Pflanzenschutz als *eine 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. Das notwendige Maß bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln beschreibt die Intensität der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln, die notwendig ist, um den Anbau der Kulturpflanzen, besonders vor dem Hintergrund der Wirtschaftlichkeit, zu sichern. Dabei wird vorausgesetzt, dass alle anderen praktikablen Möglichkeiten zur Abwehr und Bekämpfung von Schadorganismen ausgeschöpft und die Belange des Verbraucher- und Umweltschutzes sowie des Anwenderschutzes ausreichend berücksichtigt werden. Das Prinzip ist: **So wenig wie möglich, so viel wie nötig** [9].

1.3 Daten zum Pflanzenschutz in Deutschland

1.3.1 Inlandsabsatz an Pflanzenschutzmitteln

Das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) veröffentlicht die Zahlen zu den jährlich abgesetzten Pflanzenschutzmittel- und Wirkstoffmengen für ganz Deutschland jährlich online¹. Bei der Bewertung der Wirkung eines Pflanzenschutzmittels auf Schaderreger oder der Auswirkungen auf Mensch und Umwelt sind in erster Linie die Wirkstoffe zu betrachten. Im Jahr 2023 wurden im Inland 25.295 t Wirkstoffe abgegeben [10] (ohne inerte Gase im Vorratsschutz, Abb. 5), wobei 3.800 t auf Wirkstoffe entfallen, die im ökologischen Landbau eingesetzt werden dürfen. Inerte Gase im Vorratsschutz (vor allem Kohlendioxid) zählen zu den Insektiziden, unterscheiden sich aber in der Anwendungsweise und Wirkstoffcharakteristik von den anderen Pflanzenschutzmittelwirkstoffen und werden daher häufig von der Bewertung des Wirkstoffabsatzes ausgenommen. Mengenmäßig hatten im Jahr 2023 Kohlendioxid (15.304 t), gefolgt von Schwefel (Fungizid, 2.439 t), Glyphosat (Herbizid, 2.349 t) und Prosulfocarb (Herbizid, 1.501 t) die größten Anteile am Inlandsabsatz. Bei den genannten Wirkstoffen verzeichnete Glyphosat im Vergleich zum Vorjahr (2022) den stärksten Absatzrückgang (-40%, -1.566 t).

Bei den Angaben zum Inlandsabsatz handelt es sich um Verkaufszahlen. Konkrete Aussagen hinsichtlich der tatsächlichen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln lassen sich aufgrund von Lagerhaltung, unterschiedlichen Standortbedingungen, Anbauarten und Fruchtfolgen ausgehend von den Absatzzahlen nicht treffen.

¹ www.bvl.bund.de/psmstatistiken

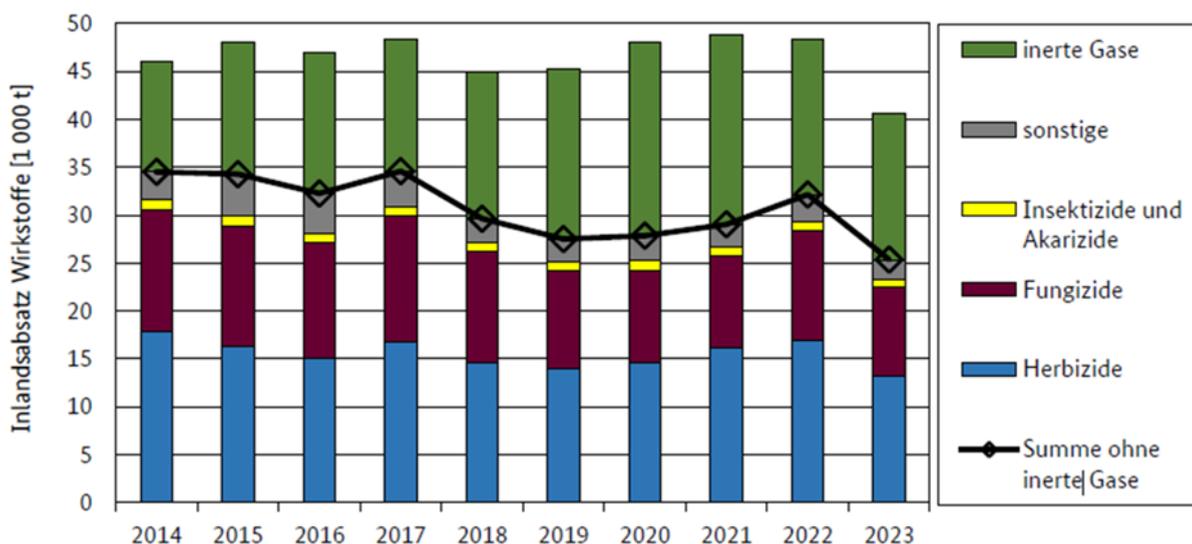


Abb. 5: Inlandsabsatz der Pflanzenschutzmittelwirkstoffe in Deutschland nach Wirkstoffgruppen 2014 bis 2023 [10]

1.3.2 Bundesweite Erhebungen zum Pflanzenschutzmitteleinsatz

Im Rahmen der Erhebung „Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz“ wird überprüft, ob und wie die Ziele des Nationalen Aktionsplans zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (NAP) erreicht werden. Das übergeordnete Ziel des NAP ist es, die Risiken, die durch die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln entstehen können, weiter zu reduzieren. Für die Erhebung werden Daten zur Intensität der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in den wichtigsten Kulturen gesammelt. Die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln wird fachlich im Hinblick auf die Einhaltung des notwendigen Maßes bewertet, um so mögliche Defizite, weiteren Beratungsbedarf und Reduktionspotenziale aufzuzeigen [11].

Daneben wurden zur Erfassung der realen Pflanzenschutzmittelanwendungen in Deutschland kulturpflanzen-spezifische Netze von Erhebungsbetrieben im Rahmen der sog. „PAPA-Erhebungen“ (Panel Pflanzenschutzmittel-Anwendung) aufgebaut. Dabei werden Daten in neun Hauptkulturen, die die größte Relevanz für den NAP haben, gesammelt [12]. Die Grundlage dafür ist die Verordnung (EG) Nr. 1185/2009 (Pflanzenschutzmittel-Statistikverordnung).

Mit den Daten wird eine Hochrechnung der Wirkstoffmengen und behandelten Flächen durchgeführt und ein Ranking bzgl. der eingesetzten Wirkstoffe erstellt. Zur Beschreibung der Pflanzenschutz-Intensität werden der Behandlungsindex und die Behandlungshäufigkeit für die einzelnen Kulturen berechnet. Dabei fließen sowohl chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel als auch solche, die im Ökolandbau zugelassen sind, in die Auswertungen mit ein. Die jährlich erhobenen Daten werden durch das Julius Kühn-Institut ausgewertet. Die Ergebnisse werden regelmäßig im Internet veröffentlicht² und beziehen sich auf ganz Deutschland.

² <http://www.nap-pflanzenschutz.de>, <https://papa.julius-kuehn.de>

1.4 Risikobewertung

1.4.1 Harmonisierte Risikoindikatoren

Die EU-Kommission und die Mitgliedstaaten berechnen jährlich harmonisierte Risikoindikatoren (HRI 1 und HRI 2), um Trends bei der Reduzierung der Risiken durch die Verwendung von Pflanzenschutzmitteln zu überwachen und potenzielle Risiken durch den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln abzuschätzen. Grundlage hierfür ist die Rahmenrichtlinie zur nachhaltigen Verwendung von Pestiziden (Richtlinie 2009/128/EG).

Da Pflanzenschutzmittel verschiedene Kategorien von Wirkstoffen enthalten, wurden Gewichtungsfaktoren festgelegt. Diese richten sich nach der Einstufung der Wirkstoffe, die in der Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 festgelegt wurde: Wirkstoffe mit geringem Risiko, Substitutionskandidaten, nicht genehmigte Wirkstoffe sowie sonstige Wirkstoffe (Tab. 2).

Tab. 2: Einstufung der Wirkstoffe und Gefahrengewichtungen für die Zwecke der Berechnung des harmonisierten Risikoindicators (Richtlinie 2009/128/EG).

Gruppe						
1		2		3		4
Wirkstoffe mit geringem Risiko ¹		Wirkstoffe ²		Substitutionskandidaten ³		Nicht genehmigte Wirkstoffe ⁴
Kategorie						
A	B	C	D	E	F	G
Mikroorganismen	Chemische Wirkstoffe	Mikroorganismen	Chemische Wirkstoffe	Nicht eingestuft als: karzinogen der Kategorie 1A oder 1B und/oder reproduktionstoxisch der Kategorie 1A oder 1B und/oder endokrine Disruptoren	Eingestuft als: karzinogen der Kategorie 1A oder 1B und/oder reproduktionstoxisch der Kategorie 1A oder 1B und/oder endokrine Disruptoren, bei denen die Exposition von Menschen vernachlässigbar ist	
Gewichtung						
1		8		16		64

¹ Wirkstoffe, die gemäß Artikel 22 der Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 genehmigt sind oder, als genehmigt gelten und die in Teil D des Anhangs der Durchführungsverordnung (EU) Nr. 540/2011 aufgeführt sind

² Wirkstoffe, die gemäß der Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 genehmigt oder als genehmigt gelten, nicht in andere Kategorien fallen und die in den Teilen A und B des Anhangs der Durchführungsverordnung (EU) Nr. 540/2011 aufgeführt sind

³ Wirkstoffe, die gemäß Artikel 24 der Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 genehmigt sind oder als genehmigt gelten, Substitutionskandidaten sind und in Teil E des Anhangs der Durchführungsverordnung (EU) Nr. 540/2011 aufgeführt sind

⁴ Wirkstoffe, die nicht gemäß der Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 genehmigt sind und deshalb nicht im Anhang der Durchführungsverordnung (EU) Nr. 540/2011 aufgeführt sind

Durch die Kombination der erhobenen Statistiken³ zu Pflanzenschutzmitteln und den Informationen über Wirkstoffe⁴ wurde eine Methode zur Berechnung gefahrenbasierter

³ Gemäß Verordnung (EG) Nr. 1185/2009 über Statistiken zu Pestiziden.

⁴ Gemäß Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln.

harmonisierter Risikoindikatoren etabliert. Der HRI 1 basiert dabei auf den Verkaufsmengen der Pflanzenschutzmittelwirkstoffe. Der HRI 2 basiert auf der Anzahl der nationalen Notfallzulassungen.

Der HRI 1 wird berechnet, indem die jährlichen Mengen der Wirkstoffe, die aus jeder Gruppe in Tab. 2 in Verkehr gebracht wurden, mit der entsprechenden Gewichtung multipliziert werden und die Ergebnisse dieser Berechnungen danach aggregiert werden. Der Referenzwert für den HRI 1 wird auf 100 festgelegt und entspricht dem durchschnittlichen Ergebnis der oben genannten Berechnung für den Zeitraum 2011-2013. Das Ergebnis des HRI 1 wird in Bezug zum Referenzwert ausgedrückt. Abb. 6 zeigt die Entwicklung des HRI 1 für Deutschland.

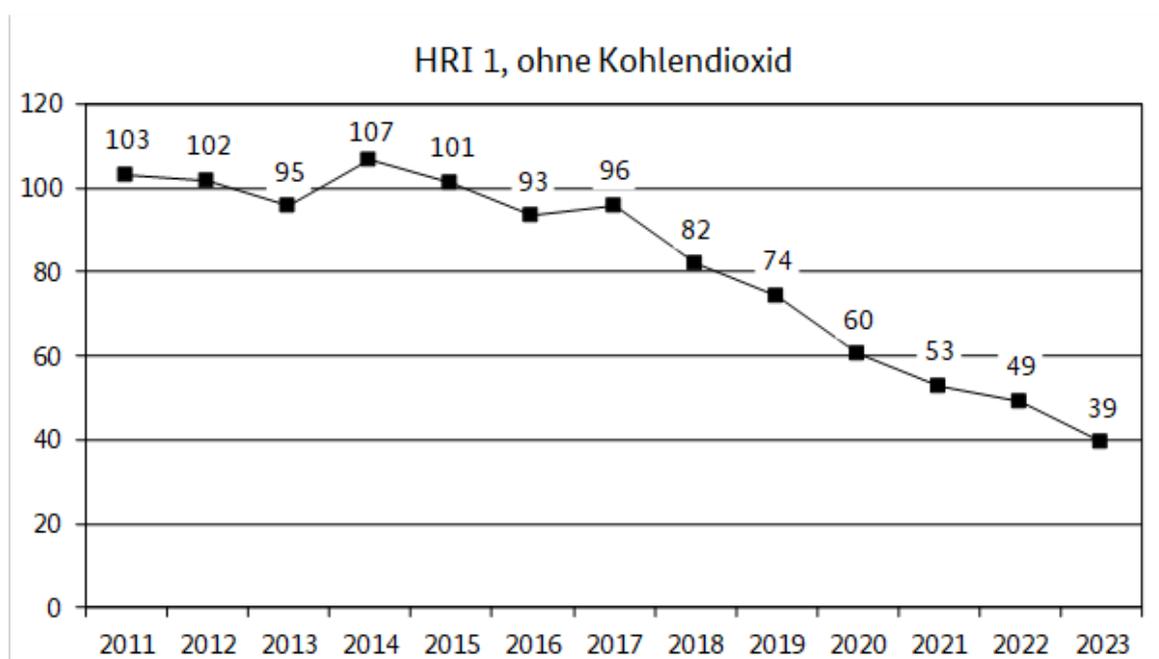


Abb. 6: HRI 1 ohne Kohlendioxid berechnet für Deutschland [13]

Die Verwendung des HRI 1 wurde in der Vergangenheit kritisiert und konzeptionelle Verbesserungsvorschläge wurden erarbeitet [14]. Allerdings stellt der Ansatz basierend auf wenigen HRI-Klassen eine einfache und dennoch hinreichend aussagekräftige Alternative zu komplexen Risikoindikatoren dar. Relevante Aspekte des Gefährdungspotenzials von Pflanzenschutzmitteln werden berücksichtigt und können gleichzeitig verständlich und transparent dokumentiert werden. Ferner erlaubt der HRI 1 Vergleiche zwischen Staaten der EU hinsichtlich der Entwicklung der Verwendung und des Risikos von Pflanzenschutzmitteln. Es existieren darüber hinaus zahlreiche andere oft wirkstoffgenaue Indikatorkonzepte, welche komplexer sind als das des HRI 1 und damit auch weniger transparent und kommunizierbar.

1.4.2 Pesticide-Load-Indikator

Der „Pesticide-Load-Indikator“ (PLI) bzw. der sog. „Pesticide-Load pro Hektar“ ist ein stärker differenzierendes Indikatorkonzept, welches spezifische Wirkungen auf Mensch und

Umwelt berücksichtigt [15]. Der PLI spiegelt die theoretischen Risiken von Pflanzenschutzmitteln wider ohne Berücksichtigung der tatsächlichen Exposition. Der PLI wurde in Dänemark entwickelt, um dort die Entwicklung des Risikos bei der Nutzung von Pflanzenschutzmitteln zu bewerten. Der PLI wurde in der Vergangenheit in verschiedenen wissenschaftlichen Studien aufgegriffen ([16], [17], [18]) und fand Eingang in das Zukunftsprogramm Pflanzenschutz der Bundesregierung von 2024 als einer von mehreren Wirkungsindikatoren, um den Erfolg bei der Pflanzenschutzmittelreduktion und Risikominimierung zu prüfen.

Der PLI umfasst **drei Teilbereiche**: Ökotoxizität, Umweltverhalten und Anwendergesundheit.

Der PLI für die **Ökotoxizität** setzt sich aus Subindikatoren zusammen, welche die akuten und teilweise auch chronischen Toxizitäten der Pflanzenschutzmittelwirkstoffe für verschiedene Modellorganismen (Algen, Bienen, Fische, Regenwürmer, Säugetiere, Vögel, Wasserflöhe, Wasserpflanzen) widerspiegeln.

Der PLI für das **Umweltverhalten** setzt sich aus Subindikatoren zusammen, welche die Pflanzenschutzmittelwirkstoffe hinsichtlich ihrer Persistenz im Boden, ihrer Neigung zur Bioakkumulation und zur Auswaschung ins Grundwasser beschreiben.

Der PLI für die **Anwendergesundheit** wird von den individuellen Gefahrenhinweisen auf den Etiketten der Pflanzenschutzmittel abgeleitet, wobei problematische Präparate hohe Punktzahlen erhalten.

Während der PLI für die Anwendergesundheit auf den Eigenschaften der kommerzialisierten Präparate basiert, orientieren sich der PLI für die Ökotoxizität und für das Umweltverhalten an den Eigenschaften der Wirkstoffe und im Falle des Subindikators für Auswaschungsneigung auch an ihren Abbauprodukten.

1.5 Reduktion des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln als Ziel in Bayern

Im Mai 2019 wurde das Maßnahmenpaket des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (StMELF) zugunsten der Artenvielfalt und Naturschönheiten in Bayern veröffentlicht. Die Maßnahmen sollen zum Erhalt und zur Steigerung der Artenvielfalt in Bayern beitragen und umfassen u. a. die Förderung sowie den Ausbau von Bildung und Forschung im Ökolandbau, den Ausbau der Wildlebensraumberatung an den Ämtern sowie die Förderung der Digitalisierung. Die Halbierung des Pflanzenschutzes wurde als Maßnahme formuliert, die neben der Landwirtschaft auch weitere Anwendungsbereiche, wie Kommunen oder Haus- und Kleingärten erfasst. Als Ausgangsbasis für den Pflanzenschutzmitteleinsatz in Bayern soll das 5-jährige Mittel der Jahre 2014 bis 2018 verwendet werden. Im März 2022 bekannte sich der Bayerische Landtag zu den Maßnahmen zur Halbierung des chemisch-synthetischen Pflanzenschutzes in Bayern bis 2028.

Es ist wichtig, die Umsetzung und Wirksamkeit des Maßnahmenpakets zu überprüfen. Hierfür bedarf es verlässlicher Angaben zur jährlichen Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln. Weiterhin braucht es eine Basislinie, die die Ausgangslage abschätzt. Daten zur Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in landwirtschaftlichen, gärtnerischen, weinbaulichen oder anderen Kulturen, die den Einsatz von

Pflanzenschutzmitteln in Bayern praxisnah abbilden, wurden bisher in ausreichendem Umfang nicht erhoben.

Regionale Besonderheiten haben einen großen Einfluss auf das Schaderregeraufkommen und damit auf die Intensität des Pflanzenschutzes [19]. Daten aus bundesweiten Erhebungen zum Pflanzenschutzmitteleinsatz in der Landwirtschaft lassen nur begrenzt Rückschlüsse in einzelnen Bundesländern zu, da regionale oder kulturspezifische Anwendungsbedingungen nicht berücksichtigt werden. Ähnlich ist die Situation bei den Zahlen zum bundesweiten Absatz an Pflanzenschutzmitteln, die jährlich durch das BVL veröffentlicht werden. Hinzu kommt, dass das Absatzjahr nicht gleich dem Verwendungsjahr sein muss. Zur Beschreibung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes in Bayern im landwirtschaftlichen Bereich werden mit dem vorliegenden Bericht erstmals durchgängig Daten bayerischer Praxis-Betriebe herangezogen.

Die Ziele sind es, (1) die Entwicklung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes in Bayern ab 2014 zu beschreiben, und (2) eine Basislinie bezogen auf den Referenzzeitraum von 2014 bis 2018 für das Ziel einer 50 %-Reduktion des Einsatzes chemisch-synthetischer Pflanzenschutzmittel bis 2028 zu schätzen. Als chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel werden Pflanzenschutzmittel verstanden, deren Wirkstoffe nicht im ökologischen Landbau zugelassen sind⁵. Anwendungen im Vorratsschutz und inerte Gase (Kohlendioxid) werden nicht in die Betrachtung einbezogen.

⁵ Gemäß Anhang I der Durchführungsverordnung (EU) 2021/1165 über die Zulassung bestimmter Erzeugnisse und Stoffe zur Verwendung in der ökologischen/biologischen Produktion und zur Erstellung entsprechender Verzeichnisse.

2 Pflanzenschutzmitteleinsatz in Bayern

2.1 Landwirtschaft

2.1.1 Dauergrünland

Dauergrünland nimmt in Bayern eine Fläche von etwa 1,04 Mio. ha (2023) ein. Das entspricht 34 % der landwirtschaftlichen Fläche und 16 % der Gesamtfläche Bayerns. Bereits seit 1. August 2019 verbietet das Bayerische Naturschutzgesetz die Umwandlung von Dauergrünland in Ackerland und seit 1. Januar 2022 den flächenhaften Einsatz von Pflanzenschutzmitteln.⁶ Ein flächiger Herbizideinsatz ist nur noch in Ausnahmefällen nach Genehmigung der Naturschutzbehörde möglich. Auf Grünlandflächen in Gebieten mit Bedeutung für den Naturschutz (z. B. Naturschutzgebiete, Nationalparks, gesetzlich geschützte Biotope und FFH-Gebiete) ist der Herbizideinsatz grundsätzlich nicht zulässig.⁷ Im Einzelfall können Ausnahmen zum Schutz der heimischen Tier- und Pflanzenwelt oder zur Abwendung erheblicher wirtschaftlicher Schäden zugelassen werden. Bei Bedarf werden Pflanzenschutzmittel gezielt gegen Giftpflanzen (Herbstzeitlose, Kreuzkräuter, Scharfer Hahnenfuß, etc.) oder für die Tierfütterung wenig geeignete Pflanzen (Brennnesseln, Disteln, Ampfer, etc.) eingesetzt. Durch das Verbot des flächenhaften Pflanzenschutzmitteleinsatzes ist die Einzelpflanzenbehandlung zum Standard geworden.

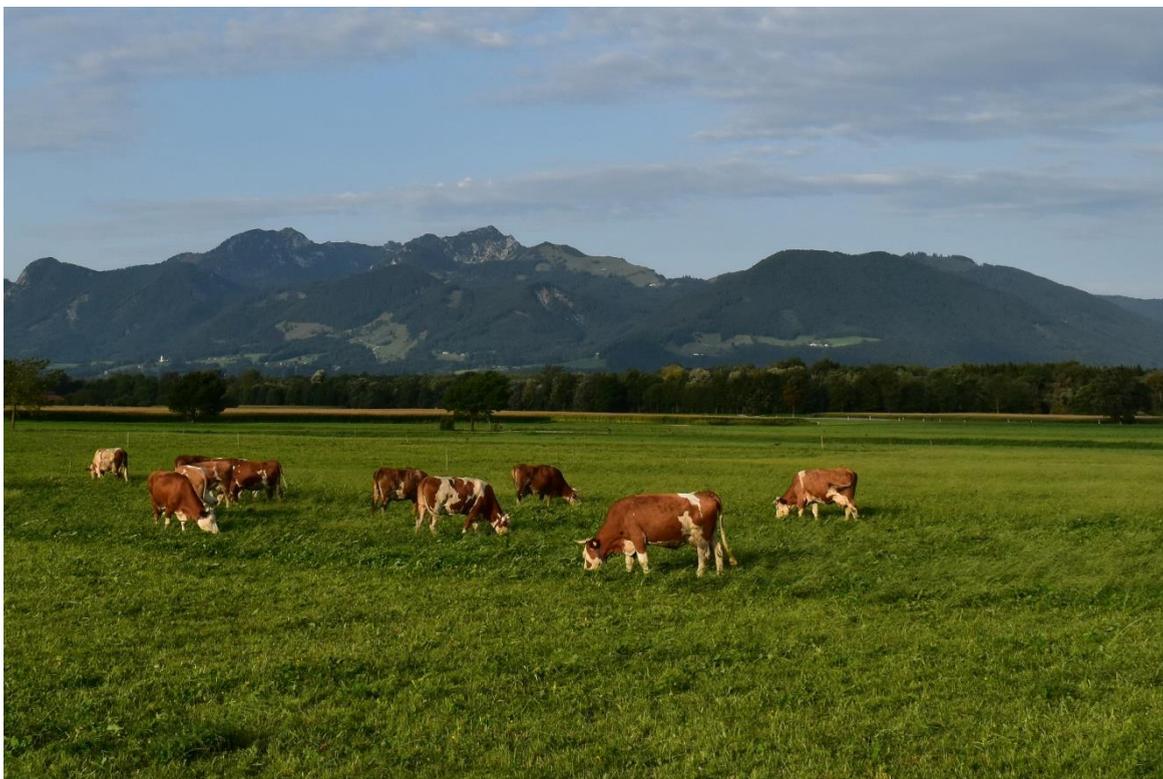


Abb. 7: Auf Grünland ist der Einsatz chemisch-synthetischer Pflanzenschutzmittel nur sehr eingeschränkt möglich (Foto: Hans-Peter Oetelshofen, LfL).

⁶ Gemäß Artikel 3 Absatz 4 BayNatSchG.

⁷ Gemäß § 4 PflSchAnwV.

2.1.2 Ackerbau- und Sonderkulturen

Für den vorliegenden Bericht wurden Daten zum Pflanzenschutz in wichtigen Ackerbau- (Mais, Winterweizen, Wintergerste, Sommergerste, Winterraps, Zuckerrüben und Kartoffeln) und Sonderkulturen (Apfel, Weinreben, Hopfen) verwendet, um die Entwicklung des Pflanzenschutzmitteleinsatz in Bayern von 2014 bis 2023 zu beschreiben. Die genannten Kulturen deckten 2023 rund 82 % der konventionell bewirtschafteten Fläche mit Status Ackerland oder Dauerkultur ab und sind besonders relevant für den Einsatz von chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln.

Die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) hat in den letzten zwei Jahren ein sog. „PSM-Messnetzwerk“ aufgebaut und Aufzeichnungen zu Pflanzenschutzmittelanwendungen konventionell wirtschaftender Betriebe aus dem Zeitraum 2014 bis 2023 ausgewertet (Tab. 3). In das PSM-Messnetzwerk fließen Daten eines Betriebsmessnetzes, das vom Landeskuratorium für pflanzliche Erzeugung in Bayern e. V. (LKP) betreut wird, sowie Daten der Pflanzenschutzmittel-Erhebungen des JKI (PAPA- und NAP-Betriebe) ein. Dafür kooperiert die LfL mit dem LKP und dem JKI sowie mit teilnehmenden Verbänden, welche die Einwilligung der PAPA-Betriebe zur Datennutzung für die LfL einholen. Außerdem sind PSM-Aufzeichnungen von Betrieben, die über die Landwirtschaftsverwaltung zur Teilnahme gewonnen wurden, sowie Daten der Bayerischen Staatsgüter (BaySG, bis 2017) enthalten. Im Jahr 2018 wurden die Staatsgüter auf glyphosatfreie Bewirtschaftung umgestellt. Folglich werden die Daten der BaySG ab 2018 nicht mehr in die Hochrechnung auf Bayern einbezogen, da sie mit dieser besonderen Vorgabe nicht repräsentativ sind.

Tab. 3: Anzahl Daten liefernder Betriebe je Kultur und Jahr

Kultur	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Mais	14	17	15	19	9	10	65	69	68	67
Winterweizen	20	21	19	21	15	19	96	99	100	99
Wintergerste	20	19	18	17	12	13	67	72	70	71
Sommergerste	19	19	19	20	18	18	29	31	29	32
Winterraps	10	9	10	11	6	6	44	39	41	42
Zuckerrüben	21	22	23	23	21	20	44	44	44	47
Kartoffeln	6	7	6	7	7	7	35	39	39	40
Hopfen	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Wein	9	9	9	9	9	9	17	17	17	17
Apfel	5	5	6	6	6	6	7	7	7	8

Für eine repräsentative Hochrechnung der Daten auf Bayern wurden bei der Auswahl die regionale Verteilung und die Betriebsgrößen der Erhebungsbetriebe berücksichtigt und die erhobenen Daten in Abhängigkeit von Region und Kultur der Fläche nach gewichtet.

Im Folgenden werden die Hochrechnungsergebnisse aus den im PSM-Messnetzwerk gesammelten Daten präsentiert. Die Daten beziehen sich immer auf das jeweilige Erntejahr (Zeitraum ab Ernte Hauptfrucht bis Ernte Folgefrucht), d.h. Pflanzenschutz, der beispielsweise im Herbst 2013 auf den Flächen für die Ernte 2014 erfolgte, wird zum Erntejahr 2014 gezählt.

Zunächst werden die Ergebnisse für die einzelnen Referenzkulturen gesondert dargestellt (absolute Menge an PSM-Wirkstoffen, Wirkstoffmenge je Hektar, Behandlungsindex). Der Behandlungsindex (BI) ist ein Maß zur Beschreibung der Pflanzenschutzintensität individueller Kulturen. Der BI entspricht der Anzahl an Pflanzenschutzmitteln, die in einer Kultur in einem Jahr angewendet wurden. Dabei werden reduzierte Aufwandmengen und Teilflächenbehandlungen berücksichtigt. Im Anschluss werden die Ergebnisse über alle Referenzkulturen hinweg dargestellt und es erfolgt eine Betrachtung des Risikos auf der Grundlage von zwei Risikoindikator Konzepten (PLI und HRI 1).

2.1.2.1 Mais

Mais reagiert während der Jugendentwicklung auf Unkrautkonkurrenz sehr empfindlich. Ohne eine ausreichende Unkrautbekämpfung kann sich die Kultur nicht etablieren (Abb. 8).



Abb. 8: Starke Verunkrautung im Mais (Foto: Klaus Gehring, LfL).

Der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln bezieht sich im Maisanbau nahezu vollständig auf Herbizid-Anwendungen (Abb. 9, Tab. 4). Laut Hochrechnung lag die Menge an chemisch-synthetischen Wirkstoffen zwischen 935 t (2014) und 575 (2022). In einzelnen Jahren wurden Molluskizide gegen Schnecken und Insektizide gegen den Maiszünsler (*Ostrinia nubilalis*) eingesetzt (< 1 t). Bei der Wirkstoffmenge pro Hektar ist ein signifikant

rückläufiger Trend erkennbar. Sie ging von durchschnittlich 1,5 kg/ha im Referenzzeitraum (2014 bis 2018) zurück auf zuletzt (2023) 1,2 kg/ha.

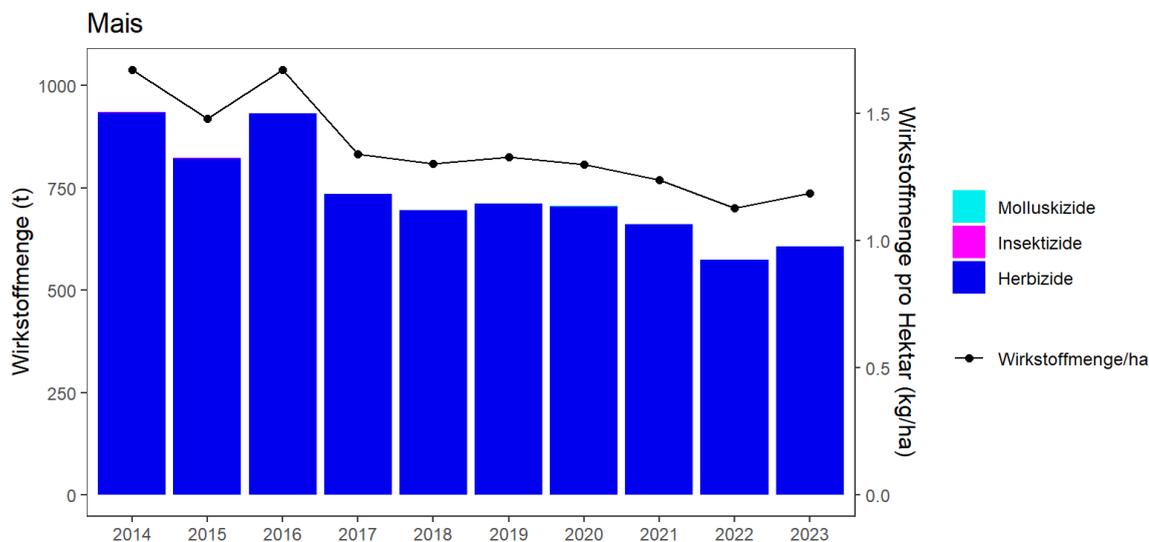


Abb. 9: Hochgerechnete Menge der im Mais von 2014 bis 2023 eingesetzten chemisch-synthetischen Wirkstoffe in t nach Wirkungsbereich und in kg/ha.

Der Behandlungsindex (BI), welcher grob die Anzahl der eingesetzten Präparate widerspiegelt, blieb im Mittel über die Jahre vergleichsweise konstant (Abb. 10, Tab. 5). Im Mittel lag der BI bei 1,9 und die Mittelwerte bewegten sich langjährig in einer engen Spanne (1,8 bis 2,0). Abb. 10 zeigt den Bereich an, in dem die BI üblicherweise lagen. Bei Betrachtung der Streuung zeigt sich, dass der BI bei 75 % der Betriebe nicht größer als 2,5 war.

Insgesamt stieg 2023 im Vergleich zum Vorjahr die Wirkstoffmenge und die Pflanzenschutzintensität im Mais leicht an, was neben einer geringfügigen Ausweitung der Maisanbaufläche auch an der besonderen Witterungssituation 2022 lag, die von einer enormen Frühjahrstrockenheit bestimmt war. Dementsprechend kamen 2022 weniger bodenaktive Wirkstoffe zum Einsatz. Die Differenz bei der Menge geht zum größten Teil auf (vorwiegend) bodenaktive Wirkstoffe zurück. Bei genauerer Betrachtung des Wirkstoffspektrums fallen zudem Verschiebungen bei den eingesetzten bodenaktiven Wirkstoffen auf. So war 2023 eine deutliche Abnahme des Einsatzes von Pethoxamid sowie der aus Sicht des Grundwasserschutzes problematischeren Wirkstoffe Terbutylazin und S-Metolachlor zu verzeichnen (mengenmäßig und flächenmäßig). Demgegenüber war ein verstärkter Einsatz von Dimethenamid-P und Pendimethalin feststellbar.

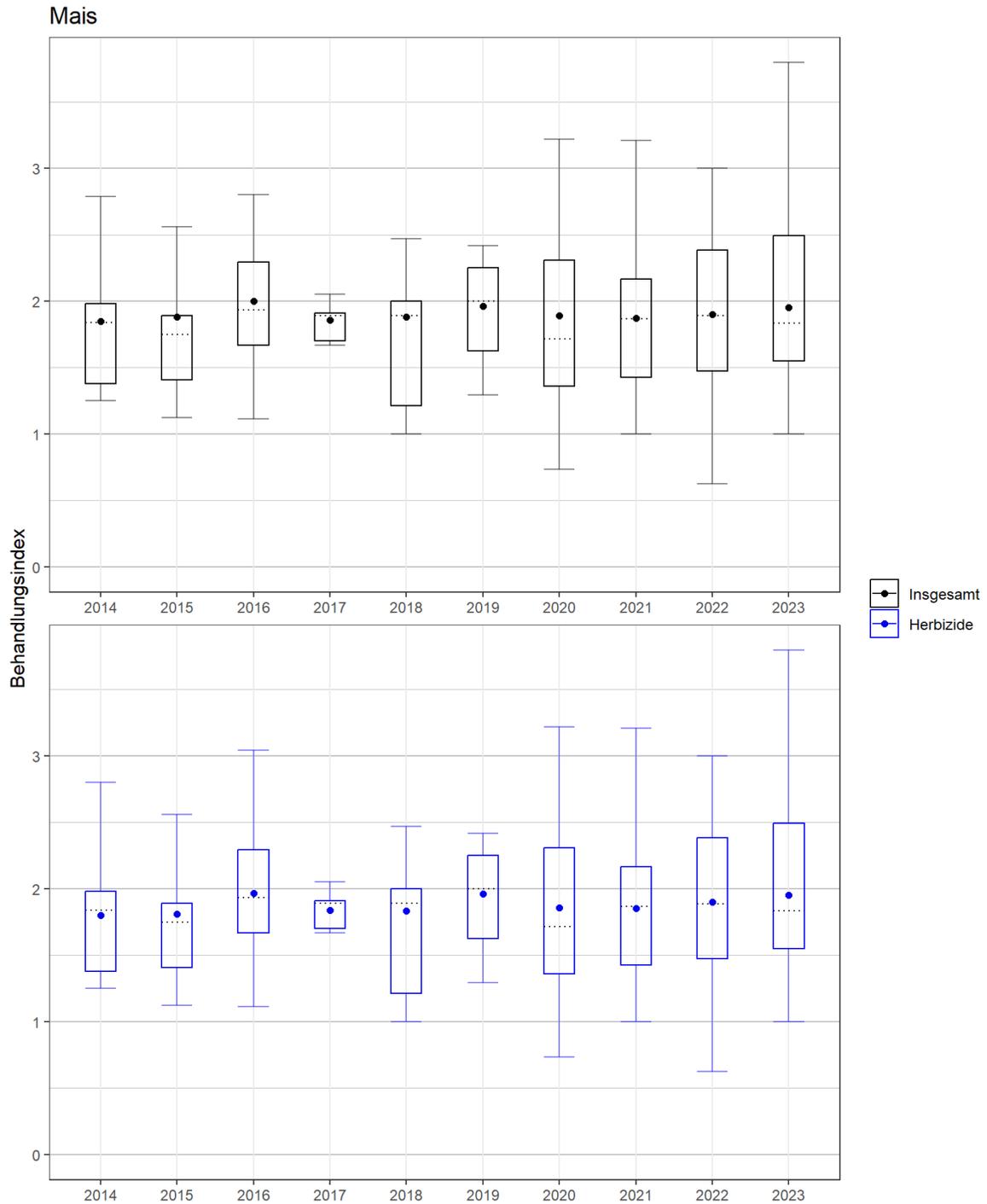


Abb. 10: Boxplots für den Behandlungsindex mit chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln insgesamt und nach Wirkungsbereichen im Mais von 2014 bis 2023 (Punkte: Mittelwerte; gestrichelte Linie: Median; Kasten: 25. bis 75. Perzentil (Interquartilsabstand, IQA); Whisker: äußerste Werte innerhalb von $1,5 \times IQA$).

2.1.2.2 Winterweizen

Wichtige Pilzkrankheiten im Winterweizen sind insbesondere Mehltau, Gelb- und Braunrost, DTR-Blattdürre, Septoria-Blattdürre (Abb. 11), sowie Ährenfusariosen. Zu den wichtigsten Schädlingen zählen das Getreidehähnchen und Blattläuse. Die Unkrautbekämpfung sichert sowohl die Erntequalität als auch den Ertrag in der Saison und hilft die Unkrautflora bzw. das Unkrautsamenpotenzial in der Fruchtfolge zu kontrollieren.



Abb. 11: *Septoria-Blattdürre* (Foto: Hans-Peter Oetelshofen, LfL)

Die hochgerechnete Menge an chemisch-synthetischen Wirkstoffen bewegte sich im Winterweizen zwischen 589 t im Jahr 2020 und 1.027 t im Jahr 2016 (Abb. 12, Tab. 4). Im Jahr 2023 lag die Gesamtwirkstoffmenge bei 750 t, an denen Herbizide, Fungizide, Wachstumsregler und Insektizide Anteile von 41 %, 37 %, 22 % bzw. 0,3 % hatten. Im Vergleich zum Referenzzeitraum mit im Schnitt insgesamt ausgebrachten 1,9 kg/ha, ist ein Rückgang auf 1,7 kg/ha (2023) zu verzeichnen. Allerdings ist seit dem Jahr 2018, in dem die bisher geringste Wirkstoffmenge pro Hektar ermittelt wurde (durchschnittlich 1,4 kg/ha), ein zunehmender Trend zu erkennen. Dieser ist maßgeblich auf einen verstärkten Einsatz bodenwirksamer Wirkstoffe im Herbst zurückzuführen (Pendimethalin, Prosulfocarb, Flufenacet, Chlortoluron), die eine deutlich höhere Aufwandmenge pro Hektar haben als bestimmte Wirkstoffe mit vorwiegendem Einsatz im Frühjahr (insbesondere Sulfonylharnstoffe). Der Trend wird getrieben von der Problematik zunehmend auftretender Resistenzen in Ungraspopulationen gegen Wirkstoffe aus der Gruppe ALS- und ACCase-Hemmer.

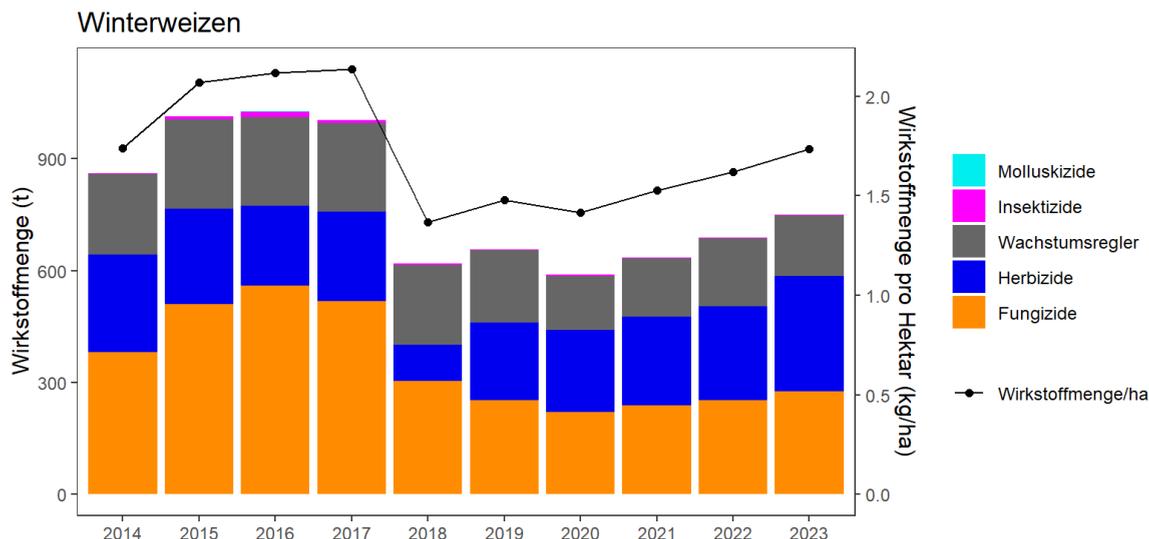


Abb. 12: Hochgerechnete Menge der im Winterweizen von 2014 bis 2023 eingesetzten chemisch-synthetischen Wirkstoffe in t nach Wirkungsbereich und in kg/ha.

Der BI insgesamt lag im betrachteten Zeitraum im Mittel zwischen 4,1 (2018) und 5,9 (2016) (Abb. 13, Tab. 5). Im Referenzzeitraum lag der Wert bei 5,2 und im Jahr 2023 bei 5,1. Ähnlich wie bei der Wirkstoffmenge ist seit 2018 ein schwach ansteigender Trend beim BI zu verzeichnen. Insbesondere bei Fungiziden und Wachstumsreglern zeigt sich über die Jahre eine größere Variabilität beim BI, was auf den Einfluss der jahresspezifischen Witterung zurückzuführen ist. Hinzu kommt eine erhebliche Variabilität zwischen den Betrieben, die auf regionale und betriebsindividuelle Unterschiede zurückzuführen ist. Der BI der Insektizide blieb im betrachteten Zeitraum auf einem konstant niedrigen Niveau (durchschnittlich 0,5 im Referenzzeitraum vs. 0,4 im Jahr 2023) und mindestens die Hälfte der Betriebe brachte abgesehen von 2014 kein Insektizid aus.

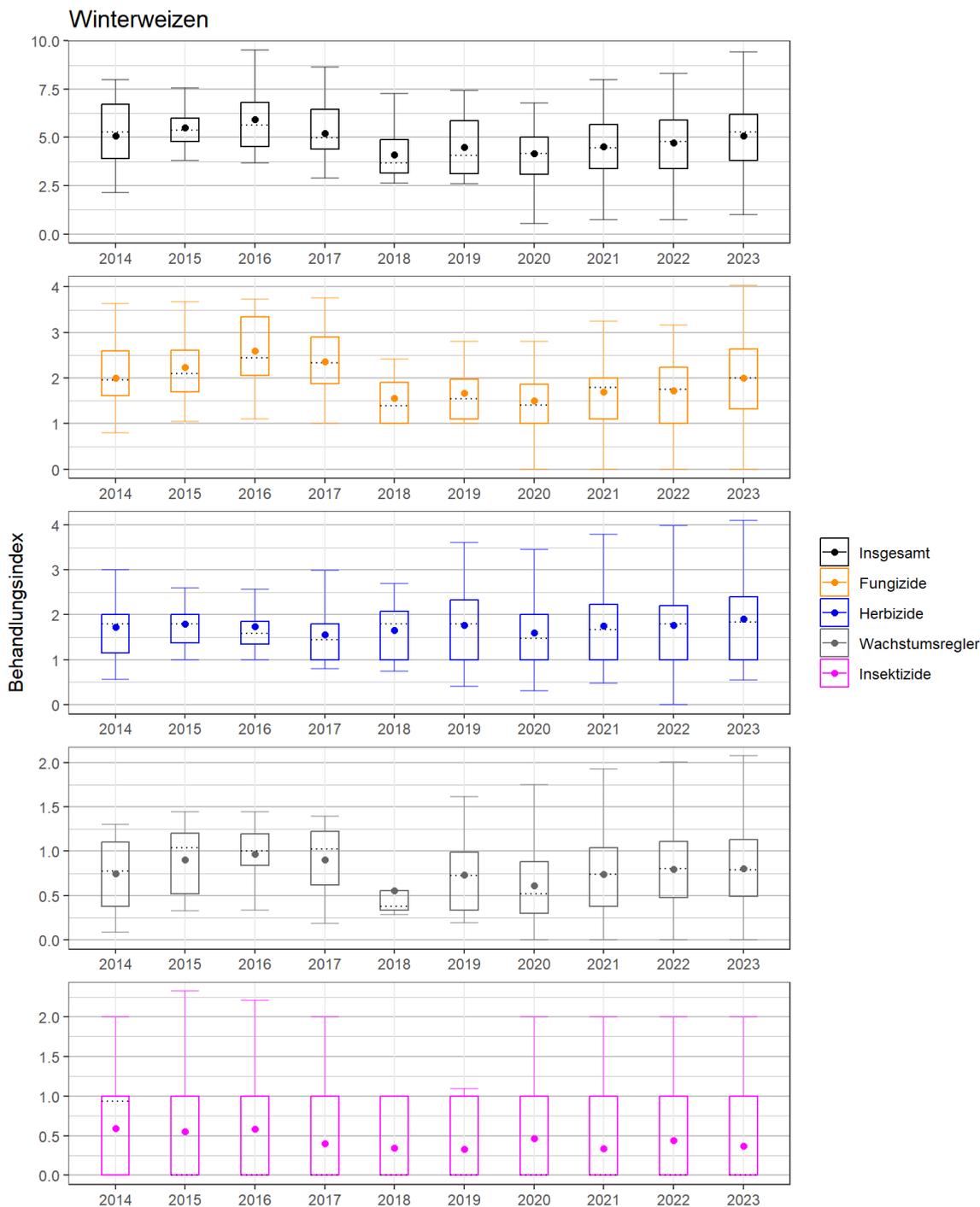


Abb. 13: Boxplots für den Behandlungsindex mit chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln insgesamt und nach Wirkungsbereichen im Winterweizen von 2014 bis 2023 (Punkte: Mittelwerte; gestrichelte Linie: Median; Kasten: 25. bis 75. Perzentil (Interquartilsabstand, IQA); Whisker: äußerste Werte innerhalb von $1,5 \times IQA$).

Im Vergleich zum Vorjahr war 2023 witterungsbedingt gekennzeichnet von einer größeren Intensität bei den Fungiziden und Herbiziden (mengenmäßig und flächenmäßig). Hervorzuheben ist dabei eine Ausweitung des Einsatzes von Prothioconazol bei den Fungiziden und von Pendimethalin, Flufenacet und Diflufenican bei den Herbiziden.

2.1.2.3 Gerste

Wintergerste

Wichtige Pilzkrankheiten in der Gerste sind insbesondere die *Ramularia*-Sprenkelkrankheit, die Netzfleckenkrankheit, *Rhynchosporium*-Blattfleckenkrankheit, Zwergrost und Mehltau. Das Hauptziel einer gezielten Krankheitsbekämpfung liegt in der Gesunderhaltung des mittleren und oberen Blattapparates. Die Unkrautbekämpfung sichert sowohl die Erntequalität als auch den Ertrag in der Saison und hilft die Unkrautflora bzw. das Unkrautsamenpotenzial in der Fruchtfolge zu kontrollieren. Zu den wichtigsten Schädlingen zählen das Getreidehähnchen und Blattläuse.

Die hochgerechnete Menge an chemisch-synthetischen Wirkstoffen in der Wintergerste bewegte sich zwischen 336 t im Jahr 2019 und 508 t im Jahr 2017 (Abb. 14, Tab. 4). Im Jahr 2023 lag die Gesamtwirkstoffmenge bei 469 t, an denen Fungizide, Herbizide und Wachstumsregler Anteile von 49 %, 45 %, 6 % hatten. Im Vergleich zum Referenzzeitraum, in dem durchschnittlich 1,9 kg/ha an Wirkstoffmenge ausgebracht wurden, war 2023 ein Anstieg auf 2,3 kg/ha zu verzeichnen. Seit dem Jahr 2019, in dem mit durchschnittlich 1,4 kg/ha der bisher niedrigste Wert ermittelt wurde, ist ein zunehmender Trend bei der Wirkstoffmenge feststellbar. Ähnlich wie im Winterweizen ist die Hauptursache der verstärkte Einsatz bodenwirksamer Wirkstoffe (v.a. Pendimethalin, Prosulfocarb, Flufenacet, Chlortoluron) aufgrund zunehmend auftretender Resistenzen in Ungraspopulationen gegen Wirkstoffe aus der Gruppe ALS- und ACCase-Hemmer. Wirkstoffe aus diesen Gruppen sind durch geringere Regelaufwandmengen pro Hektar charakterisiert.

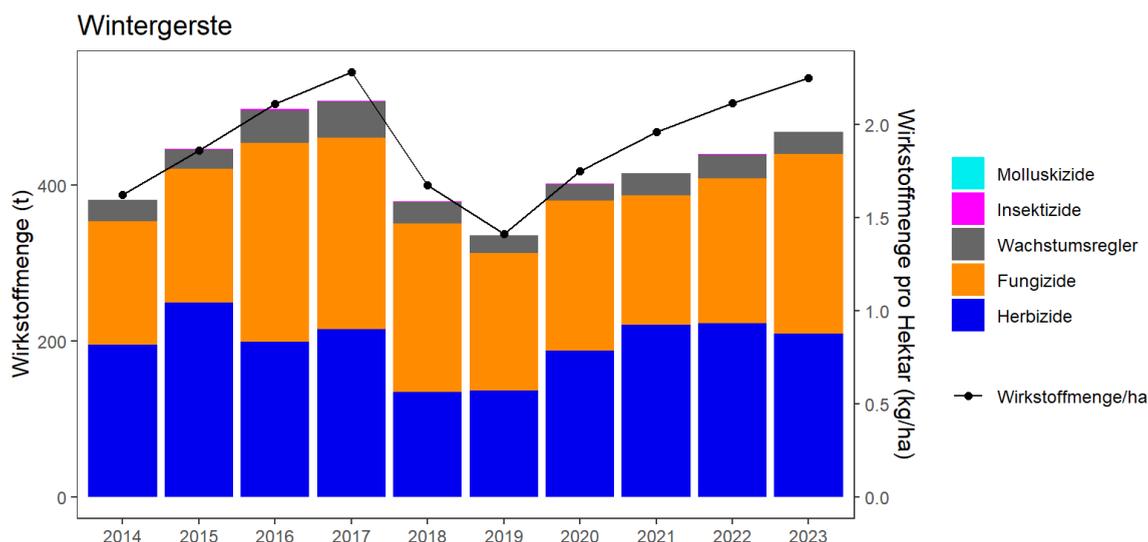


Abb. 14: Hochgerechnete Menge der in Wintergerste von 2014 bis 2023 eingesetzten chemisch-synthetischen Wirkstoffe in t nach Wirkungsbereich und in kg/ha.

Der durchschnittliche BI hatte im Jahr 2019 den niedrigsten Wert mit 3,0 und erreichte seinen höchsten Wert von 4,7 im Jahr 2023 (Abb. 15, Tab. 5). Fungizide und Herbizide machten dabei den größten Anteil am Gesamtindex aus. Nach dem Referenzzeitraum mit

einem durchschnittlichen BI von 3,9 ist ein ansteigender Trend beim BI zu beobachten. Fungizide waren über den gesamten Zeitraum hinweg die dominierende Wirkstoffgruppe, mit BI-Werten, die von 1,2 (2019) auf 2,3 (2023) anstiegen. Herbizide hatten über die Jahre einen stabilen mittleren BI zwischen 1,3 und 1,7. Die Anwendung von Wachstumsreglern zählt zu den Standardanwendungen in der Wintergerste, wobei reduzierte Aufwandmenge üblich sind, was sich in durchschnittlichen BI von 0,4 (2019) bis 0,7 (2016) widerspiegelt. Zu beachten ist die Variabilität innerhalb der einzelnen Jahre bei den genannten Wirkstoffgruppen, was auf regionale und betriebsindividuelle Besonderheiten zurückzuführen ist. Insektizide spielen in der Wintergerste langjährig so gut wie keine Rolle (Abb. 15).

Die Zunahme der Pflanzenschutzintensität im Vergleich zum Vorjahr (2022) ist zum weitaus größten Teil auf verstärkte Fungizideinsätze zurückzuführen, die durch einen größeren Pilzdruck 2023 zu erklären sind. Insbesondere beim Einsatz der Wirkstoffe Folpet und Prothioconazol waren Zuwächse zu verzeichnen (mengen- und flächenmäßig).

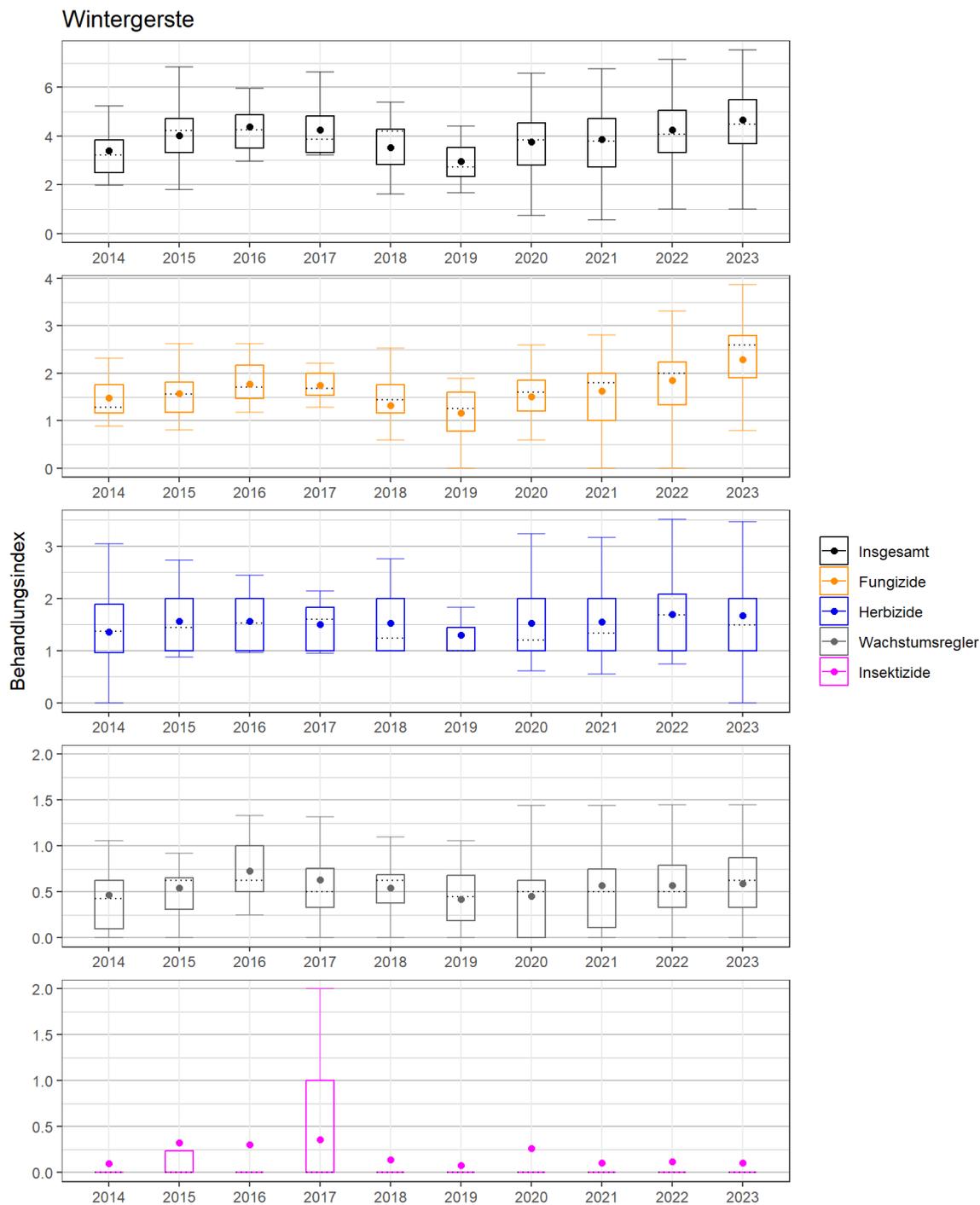


Abb. 15: Boxplots für den Behandlungsindex mit chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln insgesamt und nach Wirkungsbereichen in Wintergerste von 2014 bis 2023 (Punkte: Mittelwerte; gestrichelte Linie: Median; Kasten: 25. bis 75. Perzentil (Interquartilsabstand, IQA); Whisker: äußerste Werte innerhalb von $1,5 \times IQA$).

Sommergerste

Die hochgerechnete jährliche Menge an chemisch-synthetischen PSM-Wirkstoffen in der Sommergerste lag im betrachteten Zeitraum zwischen 57 t (2020) und 126 t (2014) und umgerechnet auf die Fläche wurden zwischen 0,7 kg/ha (2020) und 1,3 kg/ha (2014) appliziert (Abb. 16, Tab. 4). Im Jahr 2023 lagen diese Werte bei 76 t bzw. 0,9 kg/ha. Bei der Wirkstoffmenge stellten die Fungizide die dominierende Wirkstoffgruppe dar (2023: 71 %). Herbizide waren mengenmäßig in geringerem Umfang vertreten (2023: 23 %), was mit dem vorwiegenden Einsatz von Wirkstoffen mit geringer Regelaufwandmenge zu erklären ist. Der deutliche Rückgang in der Wirkstoffmenge insgesamt und pro Hektar ab dem Jahr 2020 ist vor allem mit dem Wegfall des potenten fungiziden Wirkstoffs Chlothalonil zu erklären. Daneben war die trockene Witterung 2020 ausschlaggebend für einen geringen Pilzdruck.

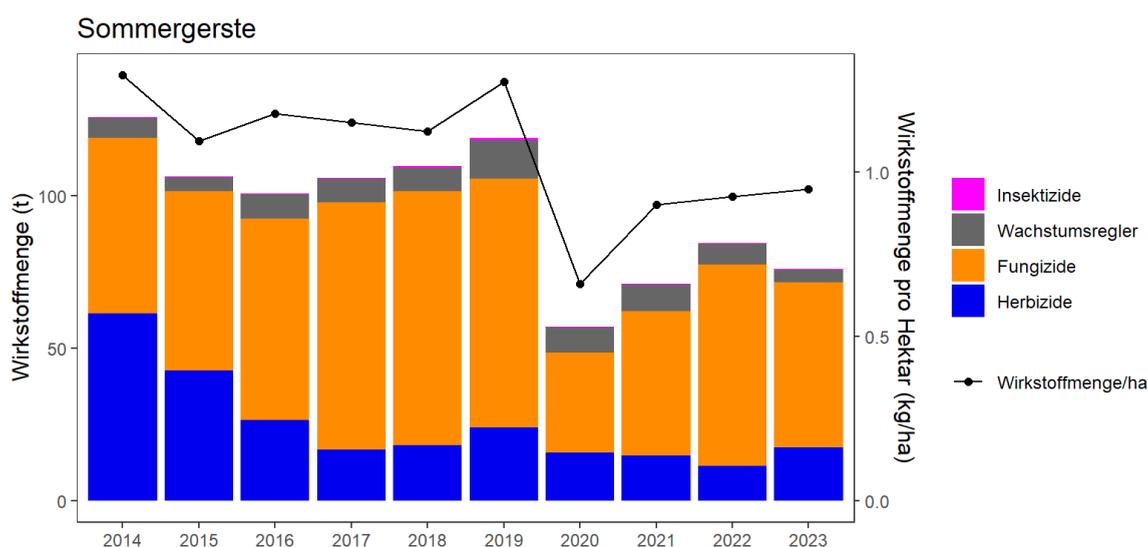


Abb. 16: Hochgerechnete Menge der im Sommergerste von 2014 bis 2023 eingesetzten chemisch-synthetischen Wirkstoffe in t nach Wirkungsbereich und in kg/ha.

Der BI lag im Zeitraum von 2014 bis 2023 im Mittel zwischen 3,0 (2020) und 3,8 (2019) und unterlag nur geringen Schwankungen (3,5 im Referenzzeitraum vs. 3,5 im Jahr 2023) (Abb. 17, Tab. 5). Die Anteile der einzelnen Präparategruppen waren abgesehen von Jahren mit besonders trockener Witterung (2018, 2020) stabil (durchschnittlich 41 % Fungizide, 41 % Herbizide, 10 % Wachstumsregler, 8 % Insektizide). Demgegenüber steht eine deutliche Variabilität innerhalb der Jahre, die regional- und betriebsspezifisch zu erklären ist.

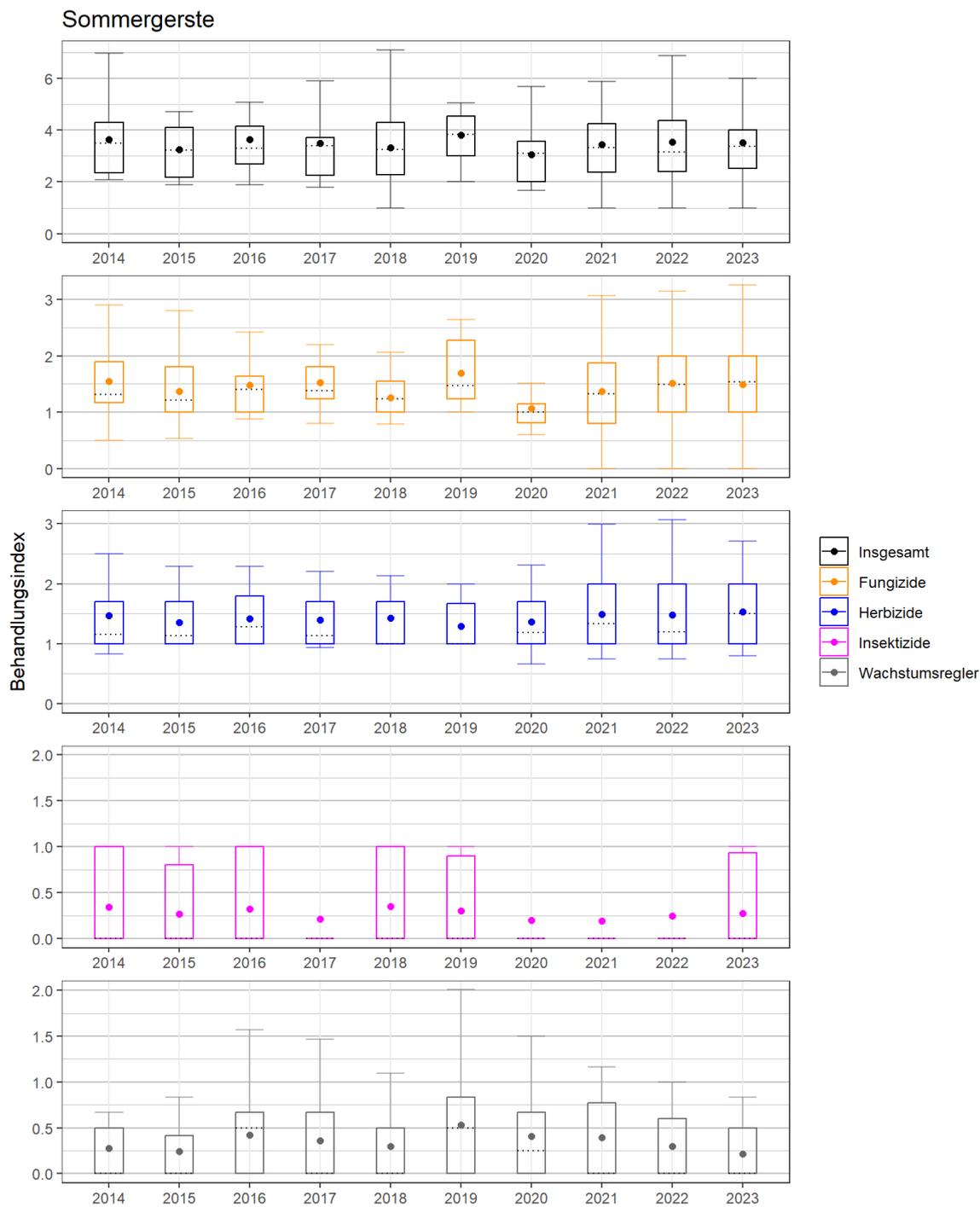


Abb. 17: Boxplots für den Behandlungsindex mit chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln insgesamt und nach Wirkungsbereichen in der Sommergerste von 2014 bis 2023 (Punkte: Mittelwerte; gestrichelte Linie: Median; Kasten: 25. bis 75. Perzentil (Interquartilsabstand, IQA); Whisker: äußerste Werte innerhalb von $1,5 \times IQA$).

2.1.2.4 Winterraps

Die Wirtschaftlichkeit des Rapsanbaus hängt verglichen mit anderen Ackerbaukulturen ganz entscheidend von der erfolgreichen Bekämpfung bestimmter Schadinsekten ab. Zu den wichtigsten Schädlingen gehören der Große Rapsstängelrüssler, der Gefleckte Kohltriebrüssler, der Schwarze Kohltriebrüssler, der Erdfloh und der Rapsglanzkäfer. Wichtige Krankheiten im Winterraps sind die Wurzelhals- und Stängelfäule, die Weißstängeligkeit, die Rapsschwärze und die Grauschimmelfäule. Die Unkrautkontrolle im Raps ist entscheidend für die Jugendentwicklung und für die Ertragsabsicherung. Zudem kommt es im Rahmen der Fruchtfolge auf eine sichere Kontrolle des Unkrautsamenpotenzials an.

Die hochgerechnete jährliche Menge an chemisch-synthetischen PSM-Wirkstoffen lag im betrachteten Zeitraum zwischen 132 t (2019) und 221 t (2015) und zuletzt (2023) bei 174 t (Abb. 18, Tab. 4). Mengenmäßig machten Herbizide den größten Anteil an der Wirkstoffmenge aus (62-75 %), gefolgt von den Fungiziden (15-27 %), Insektiziden (3-9 %) und Molluskiziden (1-8%). Die Wirkstoffmenge pro Hektar zeigt einen rückläufigen Trend. Während sie im Referenzzeitraum im Mittel bei 2,0 kg/ha lag, belief sie sich im Jahr 2023 auf 1,6 kg/ha. Der deutliche Rückgang bei der Wirkstoffmenge im Jahr 2019 ist maßgeblich auf eine verminderte Anbaufläche zurückzuführen (2018: 117.000 ha; 2019: 84.000 ha). Demgegenüber ist der Rückgang 2023 im Vergleich zum Vorjahr auf mengen- und flächenmäßige Einsparungen insbesondere bei den herbiziden Wirkstoffen Metazachlor und Glyphosat zurückzuführen. Dabei ist die Reduktion bei dem aus Sicht des Grundwasserschutzes problematischeren Wirkstoff Metazachlor positiv zu werten. Während dieser laut Hochrechnung im Jahr 2020 noch auf über 90 % der Rapsfläche zum Einsatz kam, ging sein Einsatz zurück auf zuletzt (2023) 65 %.

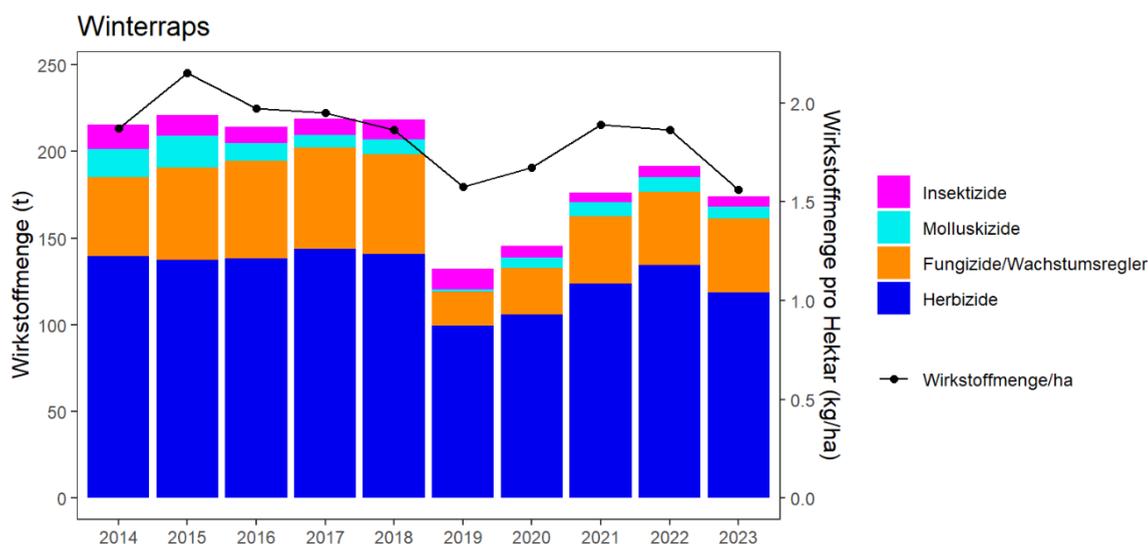


Abb. 18: Hochgerechnete Menge der im Winterraps von 2014 bis 2023 eingesetzten chemisch-synthetischen Wirkstoffe in t nach Wirkungsbereich und in kg/ha.

Der BI insgesamt bewegte sich im betrachteten Zeitraum zwischen 5,4 (2020) und 7,4 (2015) (Abb. 19, Tab. 5). Im Jahr 2023 lag dieser mit 6,3 unwesentlich niedriger als im

Mittel des Referenzzeitraums (6,5). Werte beim durchschnittlichen BI von 1,9 (2023) bis 3,3 (2019) zeigen deutlich, dass anders als in anderen Kulturen die Insektizide im Winterraps eine entscheidende Rolle spielen. Im Jahr 2023 hatten sie einen Anteil am BI insgesamt von rund 31 %, während Herbizide, Fungizide/Wachstumsregler und Molluskizide Anteile von 42 %, 23 % bzw. 5 % hatten.

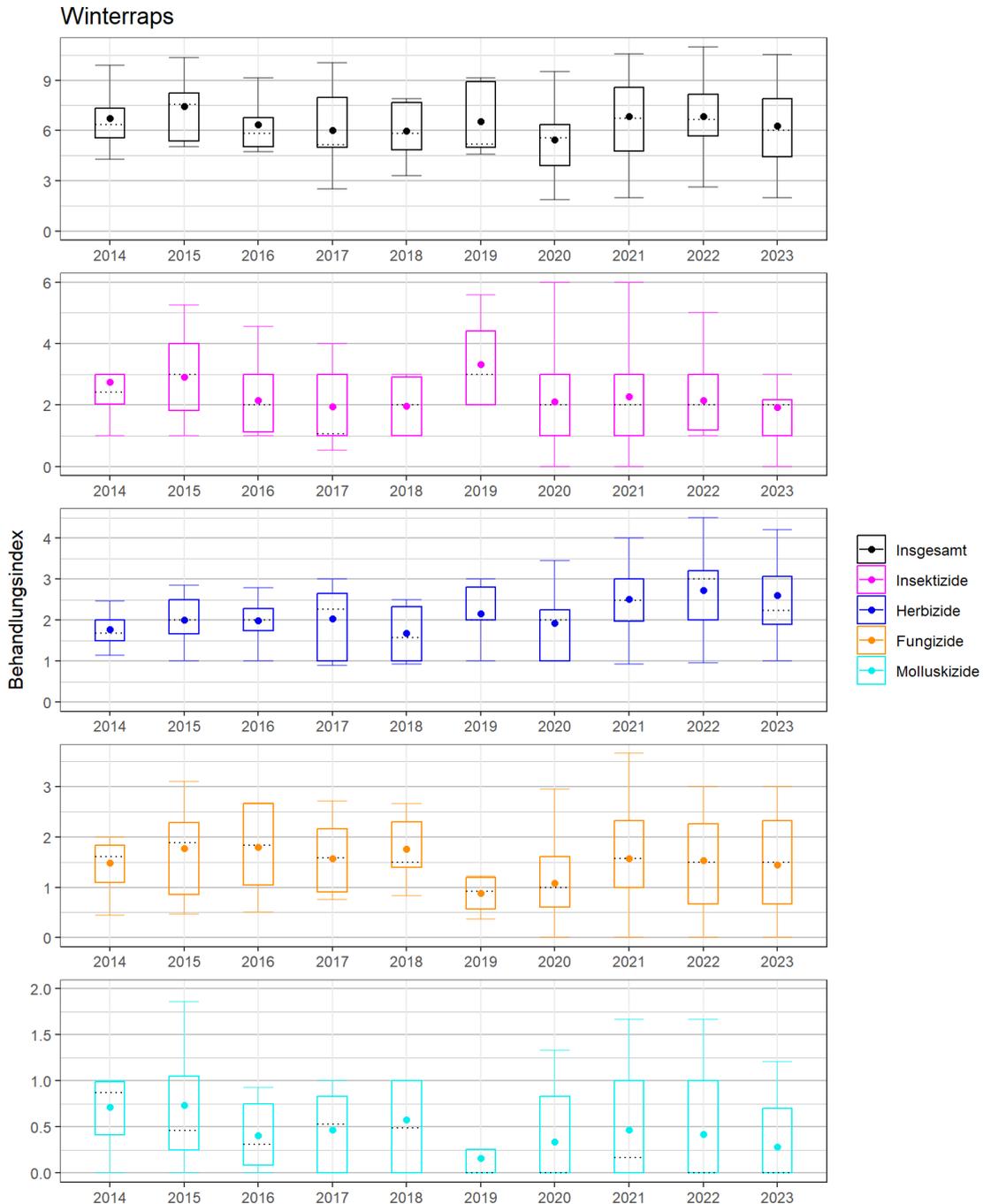


Abb. 19: Boxplots für den Behandlungsindex mit chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln insgesamt und nach Wirkungsbereichen im Winterraps von 2014 bis 2023 (Punkte: Mittelwerte; gestrichelte Linie: Median; Kasten: 25. bis 75. Perzentil (Interquartilsabstand, IQA); Whisker: äußerste Werte innerhalb von $1,5 \times IQA$).

2.1.2.5 Zuckerrüben

Der erfolgreiche Rübenanbau ist ohne eine ausreichende Unkrautkontrolle nicht möglich. Dies betrifft die Etablierung der Kultur genauso wie die Ertragsabsicherung, die Erntefähigkeit und die Erntequalität. Die wichtigsten Blattkrankheiten in Zuckerrüben sind die Cercospora-Blattflecken, Mehltau und Ramularia-Blattflecken. Insektizide werden v. a. zur Kontrolle von Virus-übertragenden Blattläusen eingesetzt. Seit einigen Jahren treten in Bayern die bakteriellen Krankheiten SBR und Stolbur auf, die zu massiven Schädigungen der Rüben und zu hohen Ertragsverlusten führen können. Übertragen werden das SBR-Bakterium und das Stolbur-Phytoplasma durch die Schilf-Glasflügelzikade.

Laut Hochrechnung lag die Menge an chemisch-synthetischen Wirkstoffen im Zuckerrübenanbau zwischen 234 t (2015) und 378 t (2019) (Abb. 20, Tab. 4). Dabei machen Herbizide den größten Anteil aus (70-94 %), gefolgt von den Fungiziden (5-29 %), Insektiziden und Molluskiziden (beide jeweils 0-1 %). Im Jahr 2023 wurden 303 t appliziert. Bei der Wirkstoffmenge je Hektar ist ein schwach ansteigender Trend zu verzeichnen. Während der Wert im Referenzzeitraum (2014-2018) bei durchschnittlich 4,7 kg/ha lag wurde für 2023 ein Wert von 5,1 kg/ha ermittelt. Auffällig ist ein vergleichsweise hoher Anteil der Fungizide in den Jahren 2019 und 2020, der maßgeblich auf Anwendungen mit dem Wirkstoff Mancozeb auf Grundlage einer Notfallzulassung gegen Cercospora-Blattflecken in diesen Jahren zurückzuführen ist.

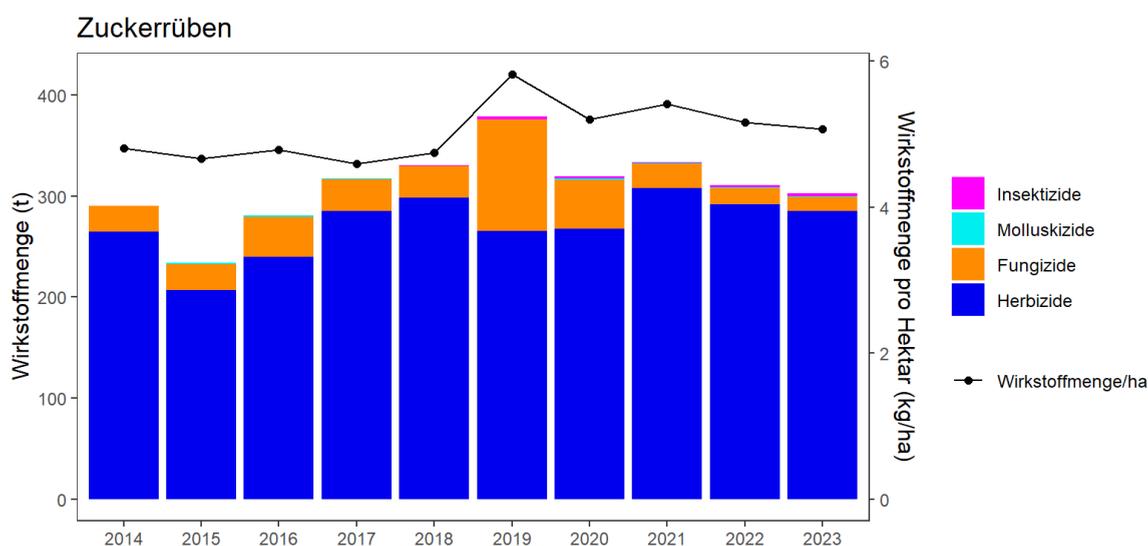


Abb. 20: Hochgerechnete Menge der in Zuckerrüben von 2014 bis 2023 eingesetzten chemisch-synthetischen Wirkstoffe in t nach Wirkungsbereich und in kg/ha.

Der Behandlungsindex insgesamt lag im betrachteten Zeitraum durchschnittlich zwischen 4,1 (2014) und 6,4 (2019), wobei für den Referenzzeitraum ein Wert von 4,4 und für 2023 ein Wert von 5,1 ermittelt wurde (Abb. 21, Tab. 5). Herbizide hatten im Schnitt über die Jahre einen Anteil von 59 % am Gesamt-BI, gefolgt von den Fungiziden (34 %). Auffällig ist die Zunahme von Insektizidanwendungen in den letzten Jahren (2023: 0,7 im Mittel). Während bei den Herbiziden ein schwach ansteigender Trend zu beobachten ist (2,7 im Referenzzeitraum vs. 3,4 im Jahr 2023), ist der Trend bei den Fungiziden rückläufig (1,6 im Referenzzeitraum vs. 0,9 im Jahr 2023). In den letzten Jahren wurden verstärkt anorganische

(nicht chemisch-synthetische) Fungizide (Kupfer- und Schwefelpräparate) eingesetzt, die bei den hier präsentierten Parametern nicht berücksichtigt wurden. Auffällig ist die große Variabilität innerhalb der Jahre insbesondere bei den Herbiziden und Fungiziden, was auf regionale und betriebsspezifische Gegebenheiten zurückzuführen ist.

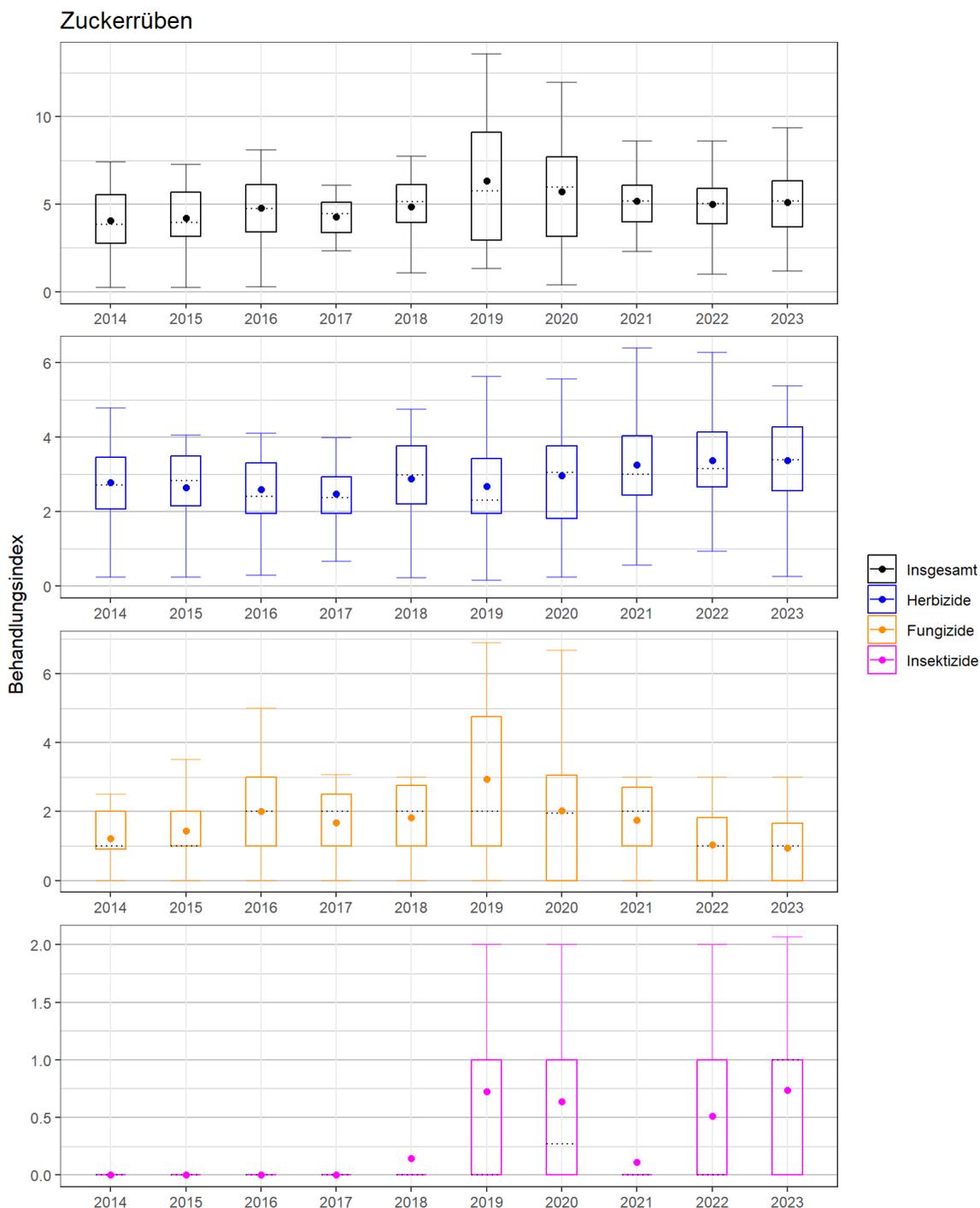


Abb. 21: Boxplots für den Behandlungsindex mit chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln insgesamt und nach Wirkungsbereichen in Zuckerrüben von 2014 bis 2023 (Punkte: Mittelwerte; gestrichelte Linie: Median; Kasten: 25. bis 75. Perzentil (Interquartilsabstand, IQA); Whisker: äußerste Werte innerhalb von $1,5 \times IQA$).

2.1.2.6 Kartoffeln

Zu den wichtigsten Krankheiten im Kartoffelanbau gehören die Kraut- und Knollenfäule und Alternaria-Blattflecken und zu den wichtigsten Schädlingen die Larven des Kartoffelkäfers. Die Unkrautkontrolle sichert Erträge und Qualitäten. Gezielte Krautabtötung dient in Kartoffeln der Ernteerleichterung und der Qualitätssicherung.

Die hochgerechnete Menge an chemisch-synthetischen Wirkstoffen bewegte sich im Kartoffelanbau zwischen 227 t im Jahr 2023 und 467 t im Jahr 2016 (Abb. 22, Tab. 4). Bei der Wirkstoffmenge dominierten bis zum Jahr 2021 die Fungizide mit einem durchschnittlichen Anteil von 64 %, gefolgt von den Herbiziden (34 %). Auffällig ist der deutliche Rückgang im Jahr 2022 im Vergleich zu den Vorjahren bei der Wirkstoffmenge insgesamt und pro Hektar. Im Jahr 2023 ergab sich ein nahezu unverändertes Bild. Zum einen ist der Rückgang in der Menge auf einen seit 2020 kontinuierlichen Rückgang der Kartoffelanbaufläche zurückzuführen (2020: 40.000 ha; 2023: 35.000 ha). Zum anderen fiel 2022 der zuvor häufig eingesetzte fungizide Wirkstoff Mancozeb weg, der durch hohe Regelaufwandmengen gekennzeichnet war (rund 1,4 kg Wirkstoff pro Hektar und Behandlung). Alternative fungizide Wirkstoffe haben dagegen geringere Regelaufwandmengen.

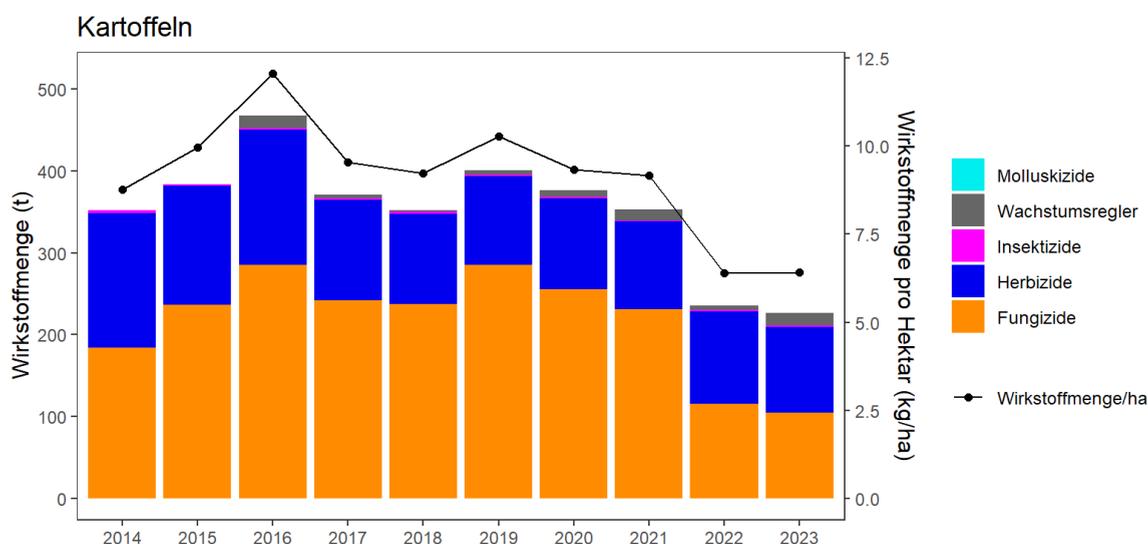


Abb. 22: Hochgerechnete Menge der in Kartoffeln von 2014 bis 2023 eingesetzten chemisch-synthetischen Wirkstoffe in t nach Wirkungsbereich und in kg/ha.

Der Behandlungsindex insgesamt bewegte sich von 2014 bis 2023 durchschnittlich zwischen 12,1 (2017) und 16,2 (2016), wobei im Referenzzeitraum ein Wert von 13,4 und für 2023 ein Wert von 15,1 ermittelt wurde (Abb. 23, Tab. 5). Die Anteile der einzelnen Präparategruppen am mittleren Gesamt-BI sind sehr stabil. Langjährig machten Fungizide, Herbizide und Insektizide 75 %, 15 % bzw. 10 % aus. Innerhalb der einzelnen Jahre ist insbesondere bei den Fungiziden eine große Variabilität zu beobachten, die auf regionale und betriebsindividuelle Gegebenheiten zurückzuführen ist. Zu beachten ist die geringe Stichprobengröße bei den Betrieben im Zeitraum vor 2020. Daher sind die Ergebnisse in diesem Zeitraum mit Vorsicht zu interpretieren.

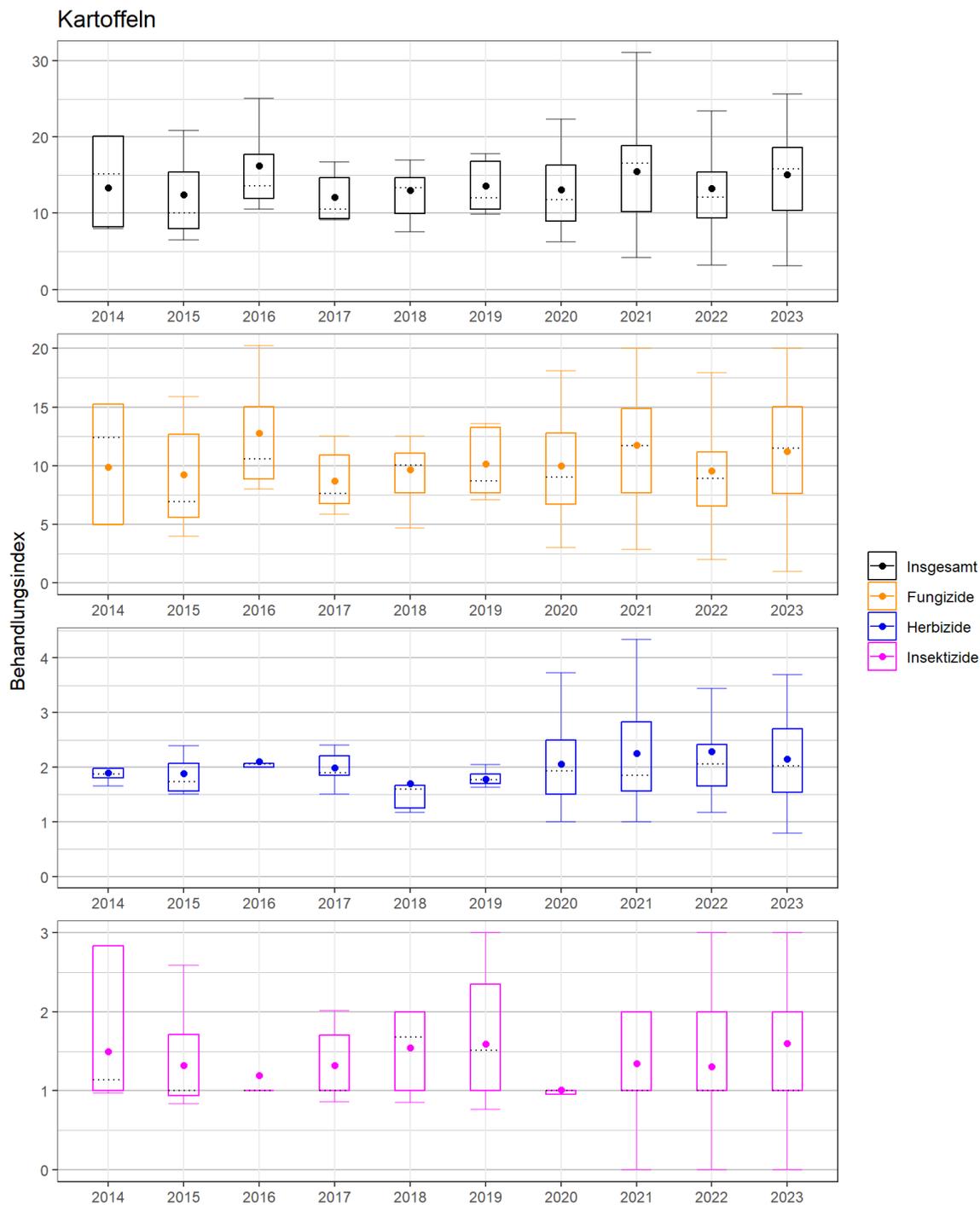


Abb. 23: Boxplots für den Behandlungsindex mit chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln insgesamt und nach Wirkungsbereichen in Kartoffeln von 2014 bis 2023 (Punkte: Mittelwerte; gestrichelte Linie: Median; Kasten: 25. bis 75. Perzentil (Interquartilsabstand, IQA); Whisker: äußerste Werte innerhalb von $1,5 \times IQA$)

2.1.2.7 Hopfen

Zu den wichtigsten Pilzkrankheiten im Hopfenbau zählen Peronospora, der Echte Mehltau (Abb. 24), Botrytis und die Verticilliumwelke, wobei letztere nicht direkt bekämpft werden kann. Zu den wichtigsten tierischen Schaderregern gehören die Hopfenblattlaus, die Gemeine Spinnmilbe, der Hopfenerdfloh und der Liebstockelrüssler.



Abb. 24: Spätbefall mit Echten Mehltau kurz vor der Hopfenernte (Foto: Johann Portner, LfL)

Die hochgerechnete Menge an chemisch-synthetischen Wirkstoffen lag im betrachteten Zeitraum zwischen 68 t im Jahr 2015 und 164 t im Jahr 2021, welches von einem hohen Peronospora-Krankheitsdruck geprägt war (Abb. 25, Tab. 4). Nach einem Rückgang im Jahr 2022 lag die Wirkstoffmenge im Jahr 2023 bei rund 149 t. Fungizide, Insektizide und Herbizide machten langjährig im Schnitt 91 %, 3 % bzw. 6 % der chemisch-synthetischen Wirkstoffmenge aus. Die Wirkstoffmenge pro Hektar rangierte zwischen 4,5 kg/ha (2015) und 9,5 kg/ha (2021). Während der Mittelwert im Referenzzeitraum noch bei 6,1 kg/ha lag, wurden zuletzt 8,7 kg/ha (2023) ermittelt und es ist ein zunehmender Trend über die Jahre zu beobachten.

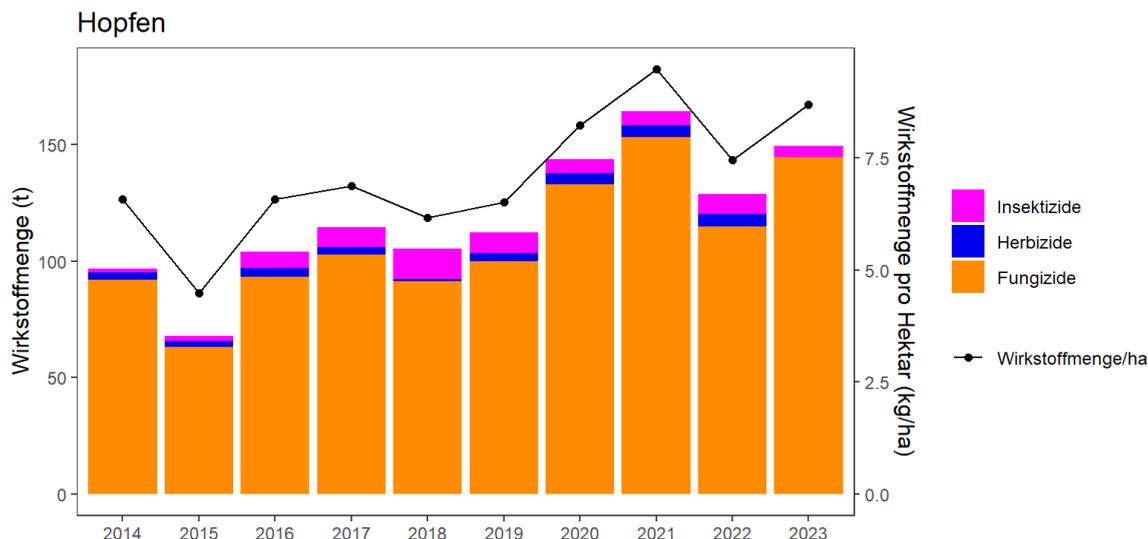


Abb. 25: Hochgerechnete Menge der im Hopfen von 2014 bis 2023 eingesetzten chemisch-synthetischen Wirkstoffe in t nach Wirkungsbereich und in kg/ha

Der mittlere BI insgesamt lag seit 2014 zwischen 8,3 (2015) und 12,7 (2021) und im Referenzzeitraum bei durchschnittlich 10,9. Zuletzt (2023) lag der BI insgesamt im Mittel bei 11,5 (Abb. 26, Tab. 5). Der Einsatz von Fungiziden war dabei vor Insektiziden und Herbiziden maßgeblich für diesen Parameter (> zwei Drittel). Eine untergeordnete Rolle spielten die Herbizide, welche i.d.R. nur in den Hopfenreihen verwendet werden.

Der verstärkte Fungizideinsatz in den letzten Jahren lässt sich neben einem witterungsbedingten starken Peronosporabefall im Jahr 2021 durch ein erneutes starkes Auftreten des Echten Mehltaus seit 2018 erklären. Da es für den Echten Mehltau kein funktionierendes Prognosemodell gibt und dieser Schaderreger im Hopfen dennoch bekämpft werden muss, hat der Fungizidaufwand deutlich zugelegt. Verstärkt wurde dieser Trend durch den Wegfall der potenten Mehltauwirkstoffe Quinoxifen (Zulassungsende 2019) und Myclobutanil (Zulassungsende 2021), was zu einem häufigeren Einsatz weniger wirksamer Mittel geführt hat. Der verstärkte Fosetyl-Einsatz in den letzten Jahren führte darüber hinaus zu einem Anstieg der Wirkstoffmengen, da dieses Fungizid vergleichsweise hohe Regelaufwandmengen pro Hektar aufweist.

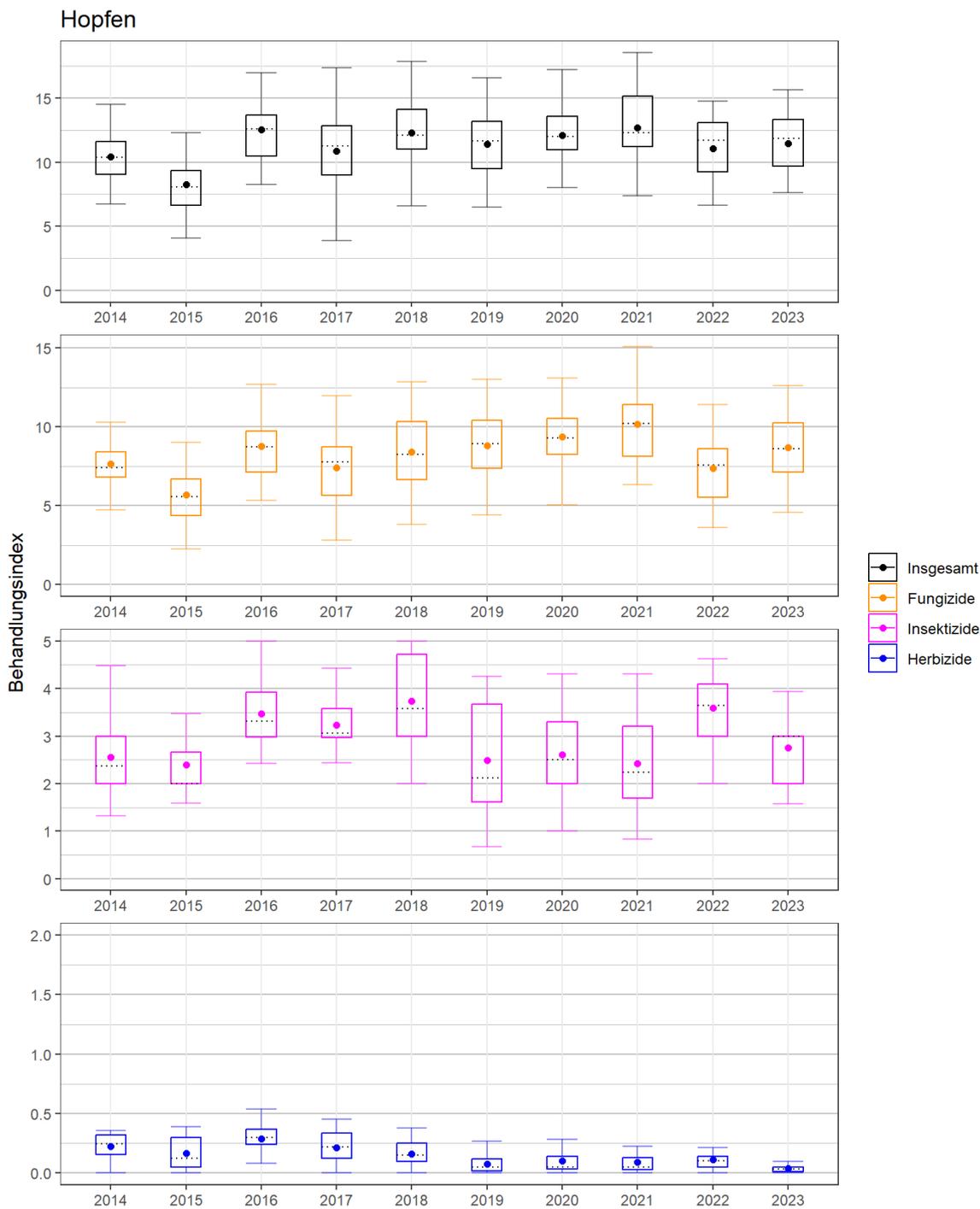


Abb. 26: Boxplots für den Behandlungsindex mit chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln insgesamt und nach Wirkungsbereichen im Hopfen von 2014 bis 2023 (Punkte: Mittelwerte; gestrichelte Linie: Median; Kasten: 25. bis 75. Perzentil (= Interquartilsabstand, IQA); Whisker: äußerste Werte innerhalb von $1,5 \times IQA$)

2.1.2.8 Weinreben

Zu den wichtigsten pilzlichen Krankheiten im Weinbau zählen der Falsche Mehltau (Abb. 27) und der Echte Mehltau sowie die Graufäule. Wichtige tierische Schädlinge sind Traubenwicklerarten, verschiedene Schadmilben, zunehmend Zikaden als Überträger von Phytoplasmen, Schild- und Schmierläuse als Vektoren für Viren, die Kirschessigfliege und die Reblaus.



Abb. 27: Falscher Mehltau an Reben (Foto: Heinrich Hofmann, LWG)

Im Weinbau bewegte sich die hochgerechnete Menge an chemisch-synthetischen Wirkstoffen zwischen 33 t (2018) und 63 t (2021) (Abb. 28, Tab. 4). Mit 34 t lag die Wirkstoffmenge im Jahr 2023 knapp unter der des Vorjahres. Im Jahr 2021 fiel aufgrund des sehr starken Befalls mit Falschem Mehltau die Wirkstoffmenge überdurchschnittlich aus, wobei Phosphonate rund 46 % der Menge ausmachten. Im langjährigen Mittel war 93 % der eingesetzten Wirkstoffmenge den Fungiziden zuzurechnen. Während die Gesamtwirkstoffmenge pro Hektar keinen Trend erkennen lässt, gingen die Herbizid- und Insektizidmengen signifikant zurück. Im Referenzzeitraum (2014-2018) wurden im Schnitt 8,3 kg/ha ausgebracht und 2023 7,4 kg/ha.

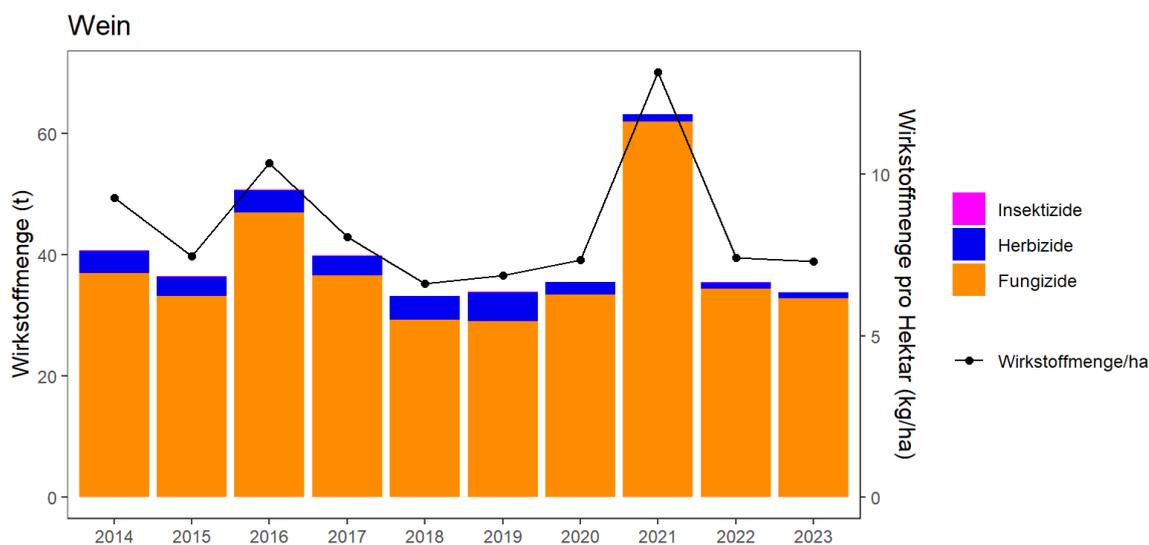


Abb. 28: Hochgerechnete Menge der in Weinreben von 2014 bis 2023 eingesetzten chemisch-synthetischen Wirkstoffe in t nach Wirkungsbereich und in kg/ha

Ein ähnliches Bild zeigt sich beim BI (Abb. 29, Tab. 5). Im Mittel bewegte sich der BI über alle Präparategruppen zwischen 14,5 (2019) und 20,5 (2021) pro Jahr. Die Fungizide hatten langjährig einen Anteil von 97 %. Im Referenzzeitraum lag der BI insgesamt im Schnitt bei 17,1 und 2023 bei 16,2. Bei den Insektiziden und Herbiziden ist jeweils ein rückläufiger Trend erkennbar, wobei diese Präparategruppen nur eine geringe Rolle spielten. Beim Einsatz von Herbiziden handelt sich dabei fast ausschließlich um Unterstockbehandlungen auf Teilflächen mit Glyphosat. Anhand der z.T. deutlichen Streuung der beobachteten Werte innerhalb der Jahre ist erkennbar, dass regionale und betriebliche Besonderheiten mitunter eine größere Pflanzenschutzintensität verlangen. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist die geringe Anzahl an Betrieben insbesondere vor 2020 zu beachten.

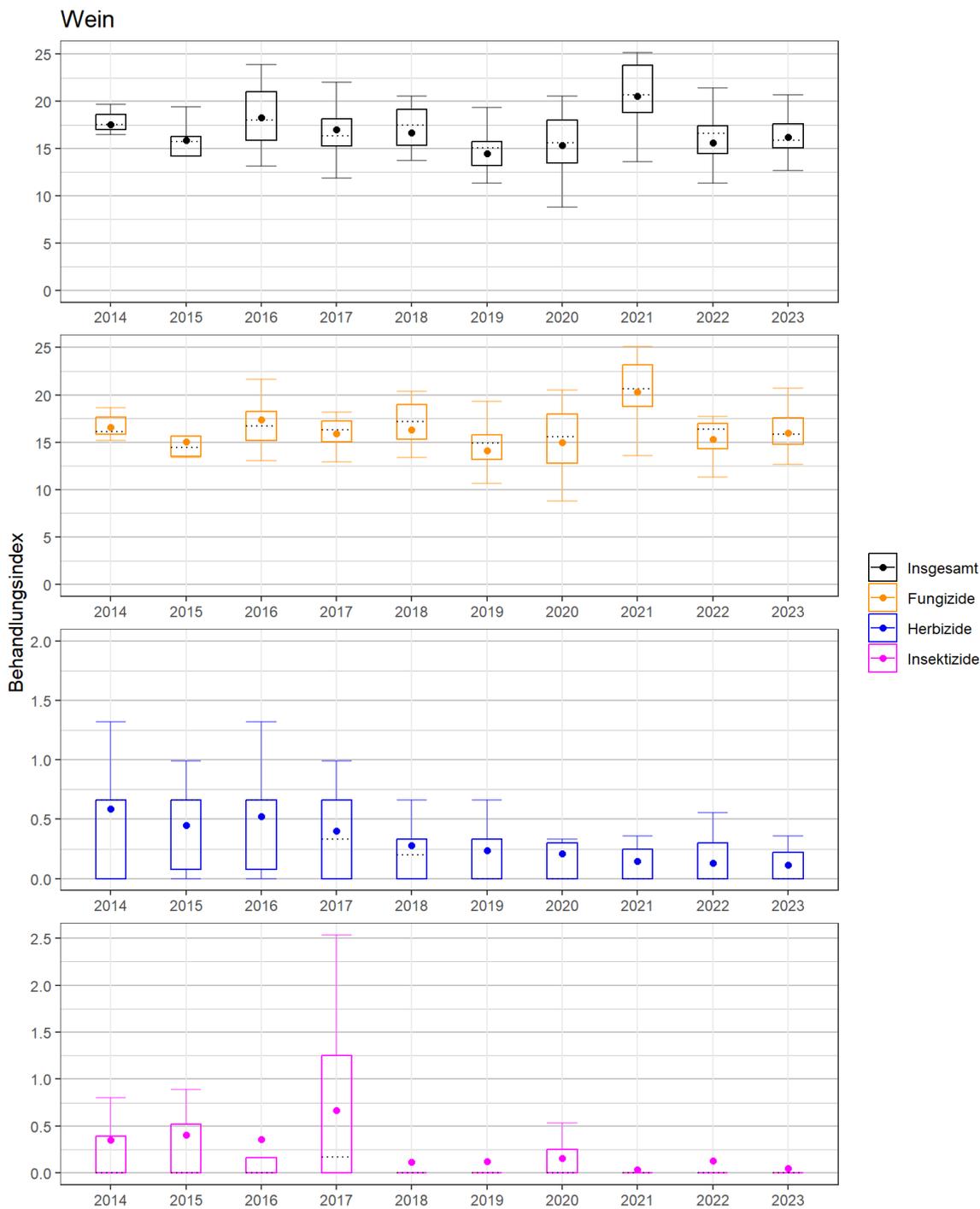


Abb. 29: Boxplots für den Behandlungsindex mit chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln insgesamt und nach Wirkungsbereichen in Weinreben von 2014 bis 2023 (Punkte: Mittelwerte; gestrichelte Linie: Median; Kasten: 25. bis 75. Perzentil (Interquartilsabstand, IQA); Whisker: äußerste Werte innerhalb von $1,5 \times IQA$)

2.1.2.9 Apfel

Zu den gefährlichsten Pilzkrankheiten im Apfelanbau gehört der Apfelschorf (Abb. 30). Zahlreiche Schädlinge bedrohen den Apfelanbau. Zu den wichtigsten gehören Spinnmilben und andere Milbenarten, Blattläuse, Schildläuse und Schmetterlingsarten wie der Apfelwickler und Baumwanzenarten.



Abb. 30: Apfelschorf (Foto: Hans-Peter Oetelshofen, LfL)

Die Menge an chemisch-synthetischen Wirkstoffen im Apfelanbau lag von 2014 bis 2023 zwischen 9,4 t (2023) und 15,3 t (2016) und nahm weniger als 0,5 % der Gesamtmenge in Bayern ein (Abb. 31, Tab. 4). Fungizide sind im Apfel die dominierende Wirkstoffklasse und hatten im langjährigen Mittel einen Anteil von 87 %. Bei der Wirkstoffmenge pro Hektar zeigt sich ein signifikant abnehmender Trend. Im Mittel der Jahre von 2014 bis 2018 (Referenzzeitraum) lag sie bei 14,5 kg/ha und im Jahr 2023 bei 11,4 kg/ha. Der deutlichste Rückgang ist beim Kontaktwirkstoff Captan zu verzeichnen, welcher zur Schorfbekämpfung verwendet wird (2023: -2,3 t bzw. -28 % im Vergleich zum Referenzzeitraum).

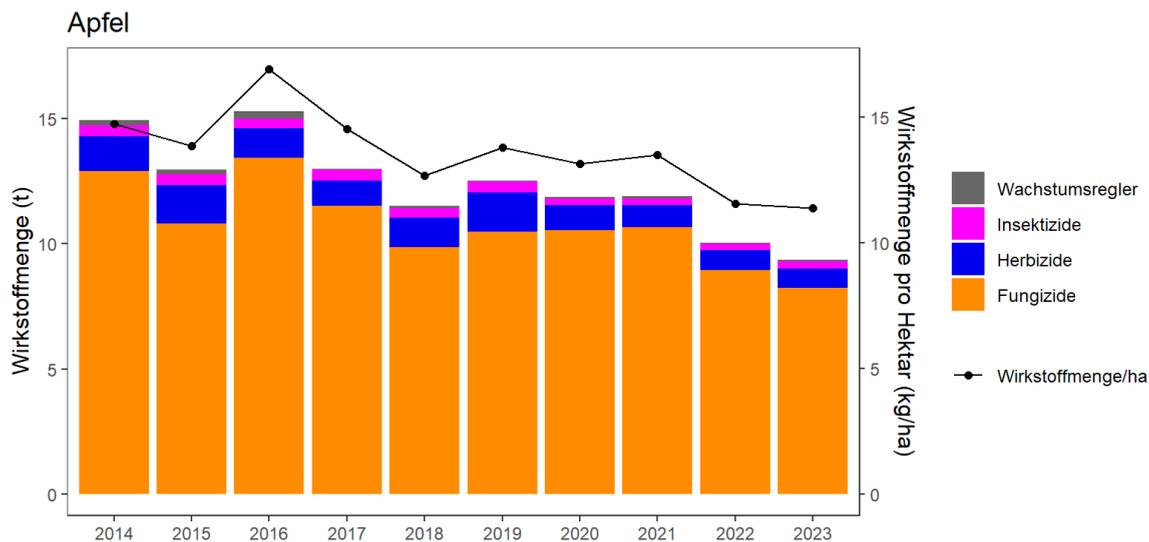


Abb. 31: Hochgerechnete Menge der im Apfel von 2014 bis 2023 eingesetzten chemisch-synthetischen Wirkstoffe in t nach Wirkungsbereich und in kg/ha

Der mittlere BI zeigt insgesamt einen leichten Rückgang von durchschnittlich 27,5 im Referenzzeitraum auf 25,5 im Jahr 2023 (Abb. 32, Tab. 5). Der Anteil der Fungizide blieb über die Jahre stabil und war im Jahr 2023 auf dem gleichen Niveau wie im Referenzzeitraum (2014-2018: 78 %). Die Werte bei den Insektiziden blieben im Mittel stabil über die Jahre. Die Wachstumsregler und Herbizide blieben im Mittel auf niedrigem Niveau und stabil. Die Variabilität innerhalb der Jahre weist auf regionale und betriebsindividuelle Besonderheiten hin. Bei der Verteilung der Werte ist die geringe Stichprobengröße von durchschnittlich nur sechs Betrieben pro Jahr zu beachten, so dass die Werte mit Vorsicht zu interpretieren sind.

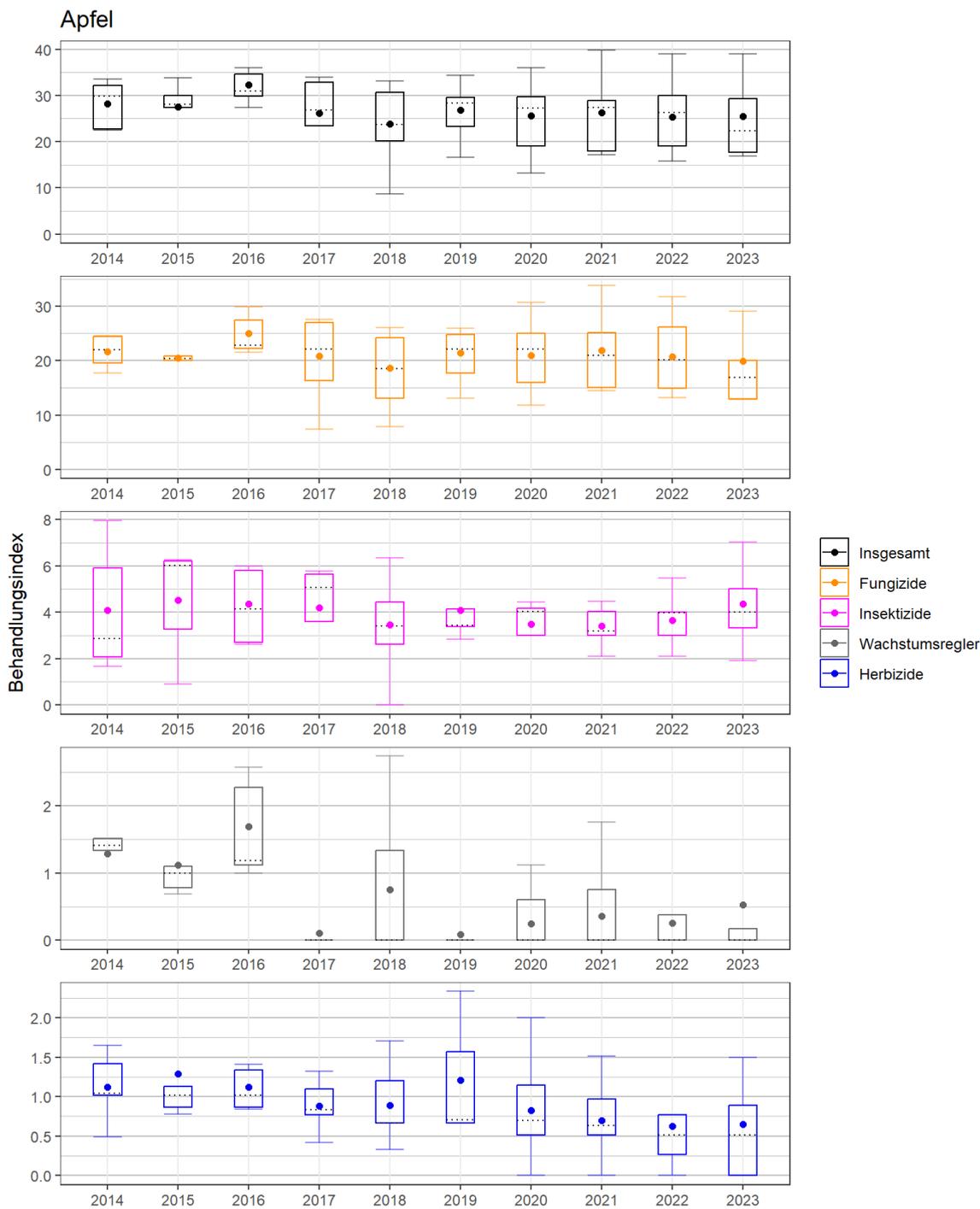


Abb. 32: Boxplots für den Behandlungsindex mit chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln insgesamt und nach Wirkungsbereichen im Apfel von 2014 bis 2023 (Punkte: Mittelwerte; gestrichelte Linie: Median; Kasten: 25. bis 75. Perzentil (= IQR); Whisker: äußerste Werte innerhalb von $1,5 \times IQR$)

2.1.2.10 Gesamtergebnis Ackerbau- und Sonderkulturen

Im Mittel der Jahre des Referenzzeitraums (2014 bis 2018) lag die auf Bayern hochgerechnete Menge an chemisch-synthetischen Wirkstoffen, die in den betrachteten Kulturen zur Anwendung kamen, insgesamt bei 3.327 t (Tab. 4, Abb. 33). Im Jahr 2018 war demgegenüber bereits ein signifikanter Rückgang um 14 % zu beobachten und seither unterliegt der Wert nur geringfügigen Schwankungen. Im Jahr 2023 lag er mit 2.797 t rund 16 % unter dem Mittel des Referenzzeitraums.

Eine ähnliche Entwicklung ist bei der Wirkstoffmenge pro Hektar zu beobachten. Sie lag im Mittel des Referenzzeitraums bei 2,1 kg/ha und im Jahr 2023 rund 9 % darunter (1,9 kg/ha). Die Wirkstoffmenge pro Hektar über alle Wirkungsbereiche stagniert seit einem deutlichen Rückgang 2018 auf einem gleichbleibenden Niveau.

Bei den Wirkbereichen gibt es langjährig keine Verschiebungen in der Rangfolge. Herbizide hatten 2023 wieder den größten Anteil an der Gesamtmenge (59 %), gefolgt von den Fungiziden (32 %), Wachstumsreglern (8 %), Insektiziden (1 %) und Molluskiziden (< 0,5 %).

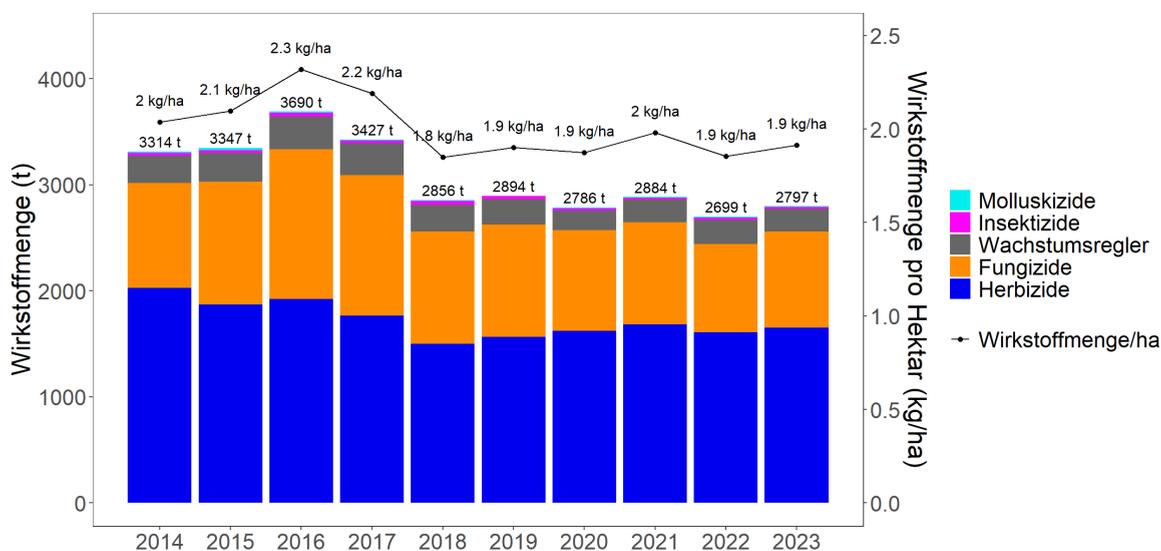


Abb. 33: Hochgerechnete Menge der in den betrachteten Kulturen von 2014 bis 2023 eingesetzten chemisch-synthetischen Wirkstoffe in t nach Wirkungsbereich und in kg/ha

Die flächenmäßig bedeutendsten Kulturen Winterweizen und Mais hatten langjährig die größten Anteile an der Gesamtwirkstoffmenge (Tab. 4, Abb. 34), so auch 2023 mit 27 % bzw. 22 %, gefolgt von Wintergerste (17 %), Zuckerrüben (11 %) und Kartoffeln (8 %).

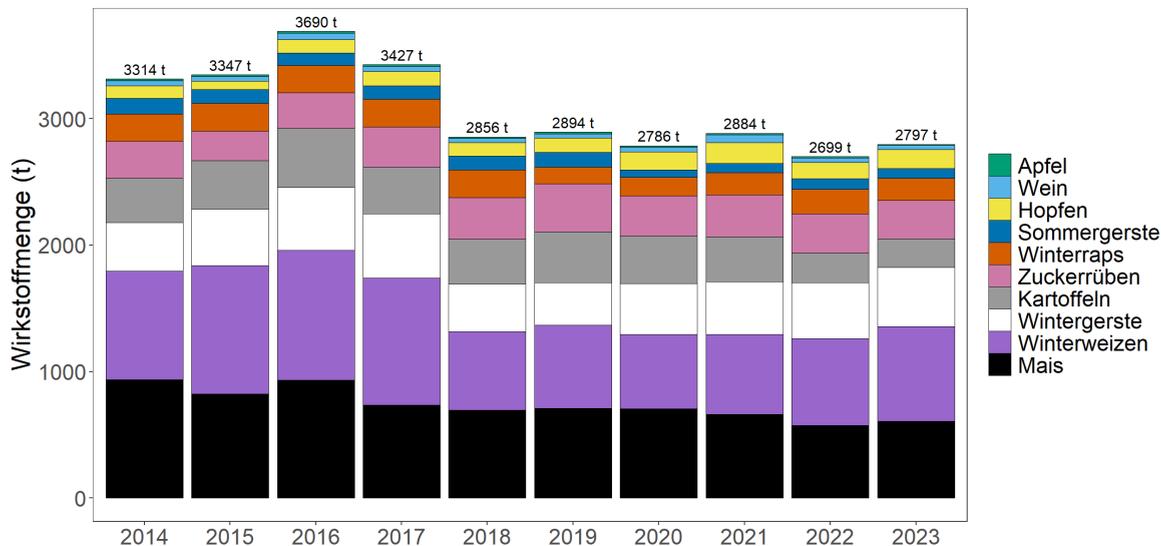


Abb. 34: Hochgerechnete Menge der in den betrachteten Kulturen von 2014 bis 2023 eingesetzten chemisch-synthetischen Wirkstoffe in t

Tab. 4: Hochgerechnete Menge der von 2014 bis 2023 eingesetzten chemisch-synthetischen Wirkstoffe in t nach Wirkungsbereich und Kulturen und insgesamt

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Fungizide										
Winterweizen	381	509	560	518	303	253	220	237	252	276
Wintergerste	158	172	255	246	216	176	192	165	186	230
Sommergerste	57	59	66	81	83	81	33	47	66	54
Winterraps ^{a)}	46	53	56	58	58	20	27	39	42	43
Zuckerrüben	26	25	39	31	32	110	48	24	16	14
Kartoffeln	184	237	286	242	237	285	256	232	116	105
Hopfen	92	63	93	103	91	100	133	153	115	144
Wein	37	33	47	37	29	29	33	62	34	33
Apfel	13	11	13	12	10	10	11	11	9	8
Gesamt	994	1.162	1.416	1.328	1.059	1.064	953	970	836	907
Herbizide										
Mais	934	822	932	735	696	712	705	662	575	607
Winterweizen	261	257	214	240	98	208	221	239	252	310
Wintergerste	196	250	199	215	135	137	188	221	223	209
Sommergerste	61	43	26	17	18	24	16	15	11	18
Winterraps	139	138	138	144	141	99	106	124	134	119
Zuckerrüben	264	207	240	285	298	266	268	308	292	285
Kartoffeln ^{b)}	164	145	164	122	110	108	110	106	113	105
Hopfen	3	2	4	3	1	4	5	5	5	< 0,5
Wein	4	3	4	3	4	5	2	1	1	1
Apfel	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1
Gesamt	2.029	1.869	1.922	1.766	1.502	1.565	1.622	1.682	1.607	1.654
Insektizide ^{c)}										
Mais	1	1	< 0,5	< 0,5	1	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Winterweizen	2	8	13	8	4	1	3	1	2	2
Wintergerste	< 0,5	1	2	1	1	< 0,5	1	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Sommergerste	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	1	1	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Winterraps	14	12	9	9	12	12	7	6	6	6
Zuckerrüben	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	1	3	2	1	2	3
Kartoffeln	3	2	2	2	3	2	2	1	1	2
Hopfen	2	2	7	8	13	9	6	6	9	5
Wein	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Apfel	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Gesamt	23	26	35	29	34	28	21	16	21	18
Molluskizide										
Mais	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	1	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Winterweizen	< 0,5	< 0,5	2	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Wintergerste	< 0,5	1	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	1
Winterraps	16	19	10	7	8	1	6	8	9	7
Zuckerrüben	< 0,5	1	2	1	< 0,5	< 0,5	1	1	1	1
Kartoffeln	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Gesamt	16	20	14	8	8	1	8	9	10	8
Wachstumsregler										
Winterweizen	217	239	239	237	215	195	145	158	183	161
Wintergerste	28	24	41	46	27	22	21	29	31	28
Sommergerste	6	5	8	8	8	13	8	9	7	4
Kartoffeln	< 0,5	< 0,5	15	5	2	5	8	13	5	16
Apfel	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Gesamt	252	269	303	295	252	235	182	208	226	210
Gesamt	3.314	3.347	3.690	3.427	2.856	2.894	2.786	2.884	2.699	2.797

^{a)} inkl. Wachstumsregler im Winterraps; ^{b)} inkl. Wirkstoffe zur Krautabtötung in Kartoffeln; ^{c)} inkl. Akarizide

Tab. 5: Mittlere Behandlungsindizes mit chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln nach Wirkungsbereichen und Kulturen 2014 bis 2023

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Mais										
Herbizide	1,8	1,8	2,0	1,8	1,8	2,0	1,9	1,9	1,9	2,0
Insektizide	< 0,05	0,1	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Gesamt	1,8	1,9	2,0	1,9	1,9	2,0	1,9	1,9	1,9	2,0
Winterweizen										
Herbizide	1,7	1,8	1,7	1,6	1,6	1,8	1,6	1,7	1,8	1,9
Fungizide	2,0	2,2	2,6	2,4	1,6	1,7	1,5	1,7	1,7	2,0
Insektizide	0,6	0,6	0,6	0,4	0,3	0,3	0,5	0,3	0,4	0,4
Wachstumsregler	0,7	0,9	1,0	0,9	0,6	0,7	0,6	0,7	0,8	0,8
Gesamt	5,1	5,5	5,9	5,2	4,1	4,5	4,2	4,5	4,7	5,1
Wintergerste										
Herbizide	1,4	1,6	1,6	1,5	1,5	1,3	1,5	1,6	1,7	1,7
Fungizide	1,5	1,6	1,8	1,7	1,3	1,2	1,5	1,6	1,9	2,3
Insektizide	0,1	0,3	0,3	0,4	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1
Wachstumsregler	0,5	0,5	0,7	0,6	0,5	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6
Gesamt	3,4	4,0	4,4	4,2	3,5	3,0	3,8	3,9	4,2	4,7
Sommergerste										
Herbizide	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,4	1,5	1,5	1,5
Fungizide	1,5	1,4	1,5	1,5	1,3	1,7	1,1	1,4	1,5	1,5
Insektizide	0,3	0,3	0,3	0,2	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3
Wachstumsregler	0,3	0,2	0,4	0,4	0,3	0,5	0,4	0,4	0,3	0,2
Gesamt	3,6	3,2	3,6	3,5	3,3	3,8	3,0	3,5	3,5	3,5
Winterraps										
Herbizide	1,8	2,0	2,0	2,0	1,7	2,2	1,9	2,5	2,7	2,6
Fungizide/Wachstumsregler	1,5	1,8	1,8	1,6	1,8	0,9	1,1	1,6	1,5	1,4
Insektizide	2,8	2,9	2,1	2,0	2,0	3,3	2,1	2,3	2,2	1,9
Molluskizide	0,7	0,7	0,4	0,5	0,6	0,2	0,3	0,5	0,4	0,3
Gesamt	6,7	7,4	6,3	6,0	6,0	6,5	5,4	6,8	6,8	6,3
Zuckerrüben										
Herbizide	2,8	2,6	2,6	2,5	2,9	2,7	3,0	3,3	3,4	3,4
Fungizide	1,2	1,4	2,0	1,7	1,8	2,9	2,0	1,7	1,0	0,9
Insektizide	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,1	0,7	0,6	0,1	0,5	0,7
Molluskizide	< 0,05	0,1	0,2	0,1	< 0,05	< 0,05	0,1	0,1	0,1	0,1
Gesamt	4,1	4,2	4,8	4,3	4,9	6,4	5,7	5,2	5,0	5,1
Kartoffeln										
Herbizide	1,9	1,9	2,1	2,0	1,7	1,8	2,1	2,3	2,3	2,1
Fungizide	9,9	9,3	12,8	8,7	9,7	10,1	10,0	11,8	9,6	11,2
Insektizide	1,5	1,3	1,2	1,3	1,5	1,6	1,0	1,3	1,3	1,6
Wachstumsregler	< 0,05	< 0,05	0,1	< 0,05	< 0,05	0,1	0,1	0,1	< 0,05	0,1
Gesamt	13,3	12,5	16,2	12,1	13,0	13,6	13,1	15,5	13,2	15,1
Hopfen										
Herbizide	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	< 0,05
Fungizide	7,6	5,7	8,8	7,4	8,4	8,8	9,4	10,2	7,4	8,7
Insektizide	2,6	2,4	3,5	3,2	3,7	2,5	2,6	2,4	3,6	2,8
Gesamt	10,4	8,3	12,5	10,9	12,3	11,4	12,1	12,7	11,1	11,5
Wein										
Herbizide	0,6	0,4	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
Fungizide	16,6	15,0	17,4	15,9	16,3	14,1	14,9	20,3	15,3	16,0
Insektizide	0,3	0,4	0,4	0,7	0,1	0,1	0,2	< 0,05	0,1	< 0,05
Gesamt	17,5	15,9	18,3	17,0	16,7	14,5	15,3	20,5	15,6	16,2
Apfel										
Herbizide	1,1	1,3	1,1	0,9	0,9	1,2	0,8	0,7	0,6	0,7
Fungizide	21,6	20,5	25,1	20,9	18,7	21,4	21,0	21,9	20,8	20,0
Insektizide	4,1	4,5	4,4	4,2	3,5	4,1	3,5	3,4	3,6	4,3
Wachstumsregler	1,3	1,1	1,7	0,1	0,8	0,1	0,2	0,4	0,3	0,5
Gesamt	28,1	27,5	32,2	26,1	23,8	26,8	25,6	26,3	25,3	25,5

2.1.2.11 Vergleich der aktuellen Schätzung mit der Schätzung aus der Marktforschung

Im letzten Bericht zur Pflanzenschutzmittelreduktion wurden für den Zeitraum 2014 bis 2022 Zahlen des Marktforschungsunternehmens Kynetec für Bayern und Hochrechnungen von Daten bayerischer PAPA- und NAP-Betriebe präsentiert [20]. Die Ergebnisse des vorliegenden Berichts basieren dagegen auf den Daten von Betrieben aus dem PSM-Messnetzwerk. Beim Vergleich der Hochrechnungsergebnisse zeigt sich in beiden Erhebungen ein rückläufiger Trend bei der Menge chemisch-synthetischer Wirkstoffe (Abb. 35). Die Zahlen aus dem PSM-Messnetzwerk liegen konstant über jenen aus der Marktforschung (im Durchschnitt rund 400 t pro Jahr). Die Hauptgründe hierfür sind die Einbeziehung von chemisch-synthetischen Molluskiziden im PSM-Messnetzwerk und Abweichungen bei mengenmäßig bedeutenden Wirkstoffen. Insbesondere die Wirkstoffe Glyphosat und Chlormequat wurden in der Marktforschungserhebung durchgehend unterschätzt (Abb. 36). Auf die niedrigen Glyphosatwerte wurde bereits im Bericht des Vorjahres hingewiesen. Daneben spielen Stichprobeneffekte eine Rolle, die sich aus der Tatsache ergeben, dass unterschiedliche Betriebe in den Erhebungen befragt wurden.

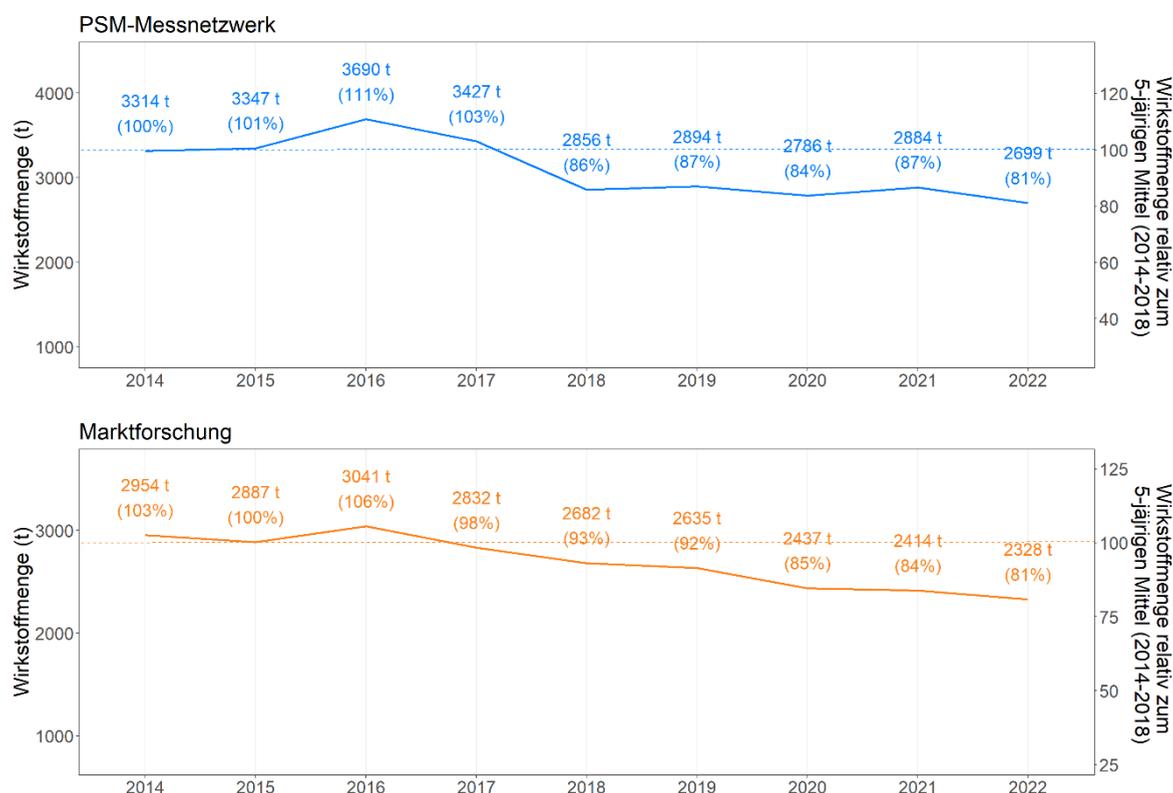


Abb. 35: Hochgerechnete Mengen der in den betrachteten Kulturen von 2014 bis 2022 eingesetzten chemisch-synthetischen Wirkstoffe in t und relativ zum 5-jährigen Mittel (2014-2018) ermittelt mit Daten aus dem PSM-Messnetzwerk bzw. aus der Marktforschung (gestrichelte waagrechte Linien: Mittel des Referenzzeitraums 2014-2018)

In Abb. 36 sind die Schätzungen für die einzelnen Wirkstoffmengen aus den beiden Erhebungen für jedes Jahr gegeneinander abgebildet. Abgesehen von den Abweichungen bei den genannten Wirkstoffen (Glyphosat, Chlormequat) ergeben sich positive

Zusammenhänge für jedes Jahr und die ermittelten Mengen der jeweiligen Einzelwirkstoffe sind eng korreliert. Dies spricht grundsätzlich für eine hohe Verlässlichkeit der ermittelten Werte aus den beiden unabhängigen Erhebungen. Zukünftig werden die Ergebnisse aus der PSM-Messnetzwerk-Erhebung verwendet, um die Basislinien festzulegen und die Entwicklung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes seit 2014 zu beschreiben.

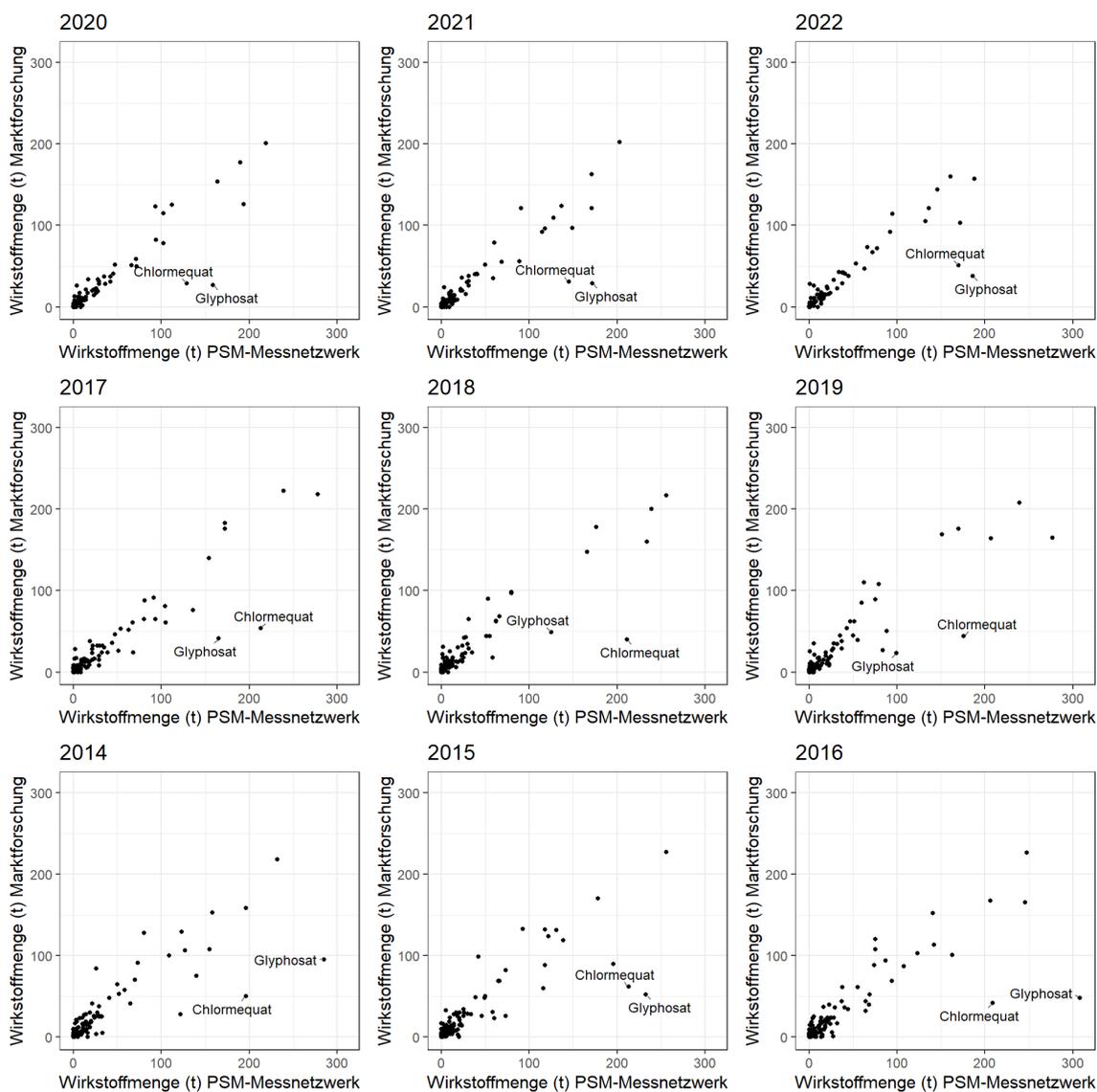


Abb. 36: Hochgerechnete Mengen der einzelnen Wirkstoffe in den betrachteten Kulturen in den Jahren von 2014 bis 2022 ermittelt mit Daten aus dem PSM-Messnetzwerk (x-Achsen) bzw. aus der Marktforschung (Kynetec) (y-Achsen)

2.1.2.12 Risikobewertung mit dem Pesticide-Load-Indikator

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse zur Risikobewertung basierend auf dem aus Dänemark stammenden Konzept des Pesticide-Loads (PL) vorgestellt. Der PL spiegelt die theoretischen Risiken von Pflanzenschutzmitteln wider ohne Berücksichtigung der tatsächlichen Exposition. Details zur Berechnung finden sich in der Literatur, z.B. bei Kudsk et al. (2018) [21] und Miljøstyrelsen (2012) [15].

Der PL wird in drei Teilbereichen ermittelt: Ökotoxizität, Umweltverhalten und Anwendergesundheit. Für jeden Teilbereich wird zunächst der PL der Wirkstoffe bzw. der Präparate berechnet (ausgedrückt als Load pro Einheit, z.B. Load pro Kilogramm, Load pro Liter). Für großräumige Betrachtungen wird der Gesamt-PL abgeleitet aus der Menge der eingesetzten Wirkstoffe bzw. Präparate in einem festgelegten Zeitraum. Für Bayern werden dazu die Hochrechnungsdaten aus dem PSM-Messnetzwerk verwendet.

Für genauere Analysen einzelner Anwendungsbereiche und zur Ermittlung von Trends wird der Gesamt-PL in einen sogenannten Pesticide-Load-Indikator (PLI) umgerechnet. Dabei wird der Gesamt-PL in Bezug auf eine festgelegte Referenzfläche ausgedrückt. Während der PLI für Dänemark berechnet wird als Gesamt-PL geteilt durch die konventionell bewirtschaftete Fläche im Jahr 2007, wird der PLI für diesen Bericht berechnet als Gesamt-PL geteilt durch die mittlere jährliche konventionelle Fläche der Referenzkulturen im Zeitraum 2014-2018 (= Referenzfläche, 1,589 Mio. ha). Da nur Präparate mit chemisch-synthetischen Wirkstoffen betrachtet werden, wird die Abkürzung PLI_{cs} verwendet.

In den folgenden Absätzen wird zunächst die Methodik zur Berechnung des PLI_{cs} für die drei Teilbereiche vorgestellt.

Der PLI_{cs} für die **Ökotoxizität** wird anhand von Subindikatoren bestimmt, welche die akuten und chronischen Toxizitäten für verschiedene Referenzorganismen widerspiegeln (Tab. 6). Die Dosis (LD50) bzw. die Konzentration (LC50) eines Wirkstoffes, die 50 % einer Stichprobe tötet, und die Konzentration eines Wirkstoffes, bei der eine definierte Wirkung eintritt (EC50), dienen als Parameter für die akute Toxizität innerhalb eines kurzen Zeitraums (je nach Organismus 48 Stunden bis 14 Tage). Die höchste Konzentration eines Wirkstoffes ohne beobachtbare Wirkung (NOEC) dient als Parameter für die chronische Toxizität nach einem längeren Zeitraum (je nach Organismus 14 oder 21 Tage). Die chronische Toxizität bezieht sich auf schädliche Auswirkungen von Wirkstoffen, die sich über einen längeren Zeitraum hinweg entwickeln und wichtig sind für das Verständnis der langfristigen Auswirkungen von Pflanzenschutzmittelwirkstoffen (Wachstumsstörungen, Fortpflanzungsprobleme, erhöhte Sterblichkeitsraten). Die Toxizität der Wirkstoffe wird relativ zu einem Referenzwirkstoff mit besonders hoher Toxizität ausgedrückt. Der PL für jede Kombination aus Subindikator und Wirkstoff wird bestimmt, indem diese Relativwerte mit Subindikator-spezifischen Gewichtungsfaktoren und der Wirkstoffmenge multipliziert werden. Der PLI_{cs} pro Subindikator ergibt sich aus der Addition des PL über alle chemisch-synthetischen Wirkstoffe und Division durch die Referenzfläche. Der PLI_{cs} für die Ökotoxizität ergibt sich dann aus der Addition der PLI_{cs} der einzelnen Subindikatoren.

Tab. 6: Subindikatoren, toxikologische Parameter, Referenzwerte, Referenzwirkstoffe und Gewichtungsfaktoren zur Berechnung des PLI_{cs} für die Ökotoxizität ([15], [21])

Subindikator	Parameter	Referenzwert	Referenzwirkstoff	Gewichtungsfaktor (PL pro kg Wirkstoff)
Akute Toxizität				
Vögel	LD50 mg/kg Körpergewicht	49	Thiacloprid	1
Säugetiere	LD50 mg/kg Körpergewicht	20	Lambda-cyhalothrin	1
Fische	LC50 mg/l Wasser	0,00021	Lambda-cyhalothrin	30
Regenwürmer	LC50 mg/kg Boden	3,4	Picoxystrobin	2
Honigbienen	LD50 µg/Biene	0,02	Cypermethrin	100
Wasserflöhe (Daphnien)	EC50 mg/l Wasser	0,0003	Alpha-cypermethrin	30
Wasserpflanzen	EC50 mg/l Wasser	0,00036	Metsulfuron-methyl	3
Algen	EC50 mg/l Wasser	0,000025	Picolinafen	3
Chronische Toxizität				
Regenwürmer	NOEC mg/kg Boden	0,2	Epoxiconazol	2
Fische	NOEC mg/l Wasser	0,000115	Alpha-cypermethrin	3
Wasserflöhe (Daphnien)	NOEC mg/l Wasser	0,000115	Alpha-cypermethrin	3

Der PLI_{cs} für das **Umweltverhalten** wird ähnlich wie beim Teilbereich Ökotoxizität anhand verschiedener Subindikatoren berechnet (Tab. 7). Die bewerteten Subindikatoren sind die Persistenz der Wirkstoffe im Boden, die Neigung der Wirkstoffe zur Bioakkumulation in Lebewesen und die Neigung der Wirkstoffe und deren Abbauprodukte zur Auswaschung ins Grundwasser. Die Werte von besonders schädlichen Wirkstoffen werden als Referenz herangezogen. Zur Ermittlung des PL werden die Parameterwerte der Wirkstoffe relativ zu diesen Referenzwerten ausgedrückt und mit Gewichtungsfaktoren und den Wirkstoffmengen multipliziert. Der PLI_{cs} pro Subindikator ergibt sich aus der Addition des PL über alle chemisch-synthetischen Wirkstoffe und Division durch die Referenzfläche. Der PLI_{cs} für das Umweltverhalten ergibt sich dann aus der Addition der PLI_{cs} über alle Subindikatoren

Tab. 7: Subindikatoren, Umweltparameter, Referenzwerte, Referenzwirkstoffe und Gewichtungsfaktoren zur Berechnung des PLI_{cs} für das Umweltverhalten ([15], [21])

Subindikator	Parameter	Referenzwert	Referenzwirkstoff	Gewichtungsfaktor (PL pro kg Wirkstoff)
Persistenz im Boden	Halbwertszeit im Boden (DT50) in Tagen	354	Epoxiconazol	2,5
Bioakkumulation	Bioconcentration factor	5.100	Pendimethalin	2,5
Auswaschung ins Grundwasser	SCI-GROW-Index	10,91	Thifensulfuron-methyl	20

Die Höhe der Gewichtungsfaktoren innerhalb der Teilbereiche Ökotoxizität und Umweltverhalten variiert mitunter erheblich. Auf diese Weise werden besonderen Themen wie etwa dem Verlust von Bestäubern bei der Ökotoxizität (Faktor 100) oder der Kontamination des Grundwassers beim Umweltverhalten (Faktor 20) besonders Rechnung getragen. Der Schutz des Grundwassers hatte bei der Konzipierung eine große Bedeutung, da dessen Anteil am Wasserverbrauch in Dänemark bei nahezu 100 % liegt. Bei der

Ökotoxizität und beim Umweltverhalten werden im vorliegenden Bericht durchgängig die gleichen Subindikatoren, Referenzwirkstoffwerte und Gewichtungsfaktoren wie im ursprünglichen dänischen Konzept verwendet.

Der PLI_{cs} für die **Anwendergesundheit** wird anhand von Gefahrenhinweisen, sog. „H-Sätzen“ (früher „R-Sätze“), bestimmt (Tab. 8). Die H-Sätze sind kurze Hinweise auf die Gefährdungen, die von chemischen Stoffen oder Gemischen ausgehen. Die Grundlage dafür ist das sog. „Globale Harmonisierte System zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien“ (GHS).

Anders als in den Teilbereichen Ökotoxizität und Umweltverhalten ist der PLI_{cs} für die Anwendergesundheit nicht nur von den Eigenschaften der Wirkstoffe im Präparat abhängig. Vielmehr sollen die gesundheitsschädlichen Eigenschaften, die dem fertig formulierten Präparat inhärent sind, berücksichtigt werden. Dies hat zur Folge, dass der PL von Präparaten, die die gleichen Wirkstoffe beinhalten, unterschiedlich hoch ausfallen kann, wenn sich die H-Sätze zur Gesundheitsgefährdung bei den Präparaten unterscheiden.

Jedem Gefahrenhinweis wird eine Punktezahl zwischen 10 und 100 zugewiesen, wobei die höchste Punktezahl solche Präparate erhalten, welche am schädlichsten für die Gesundheit sind. Die Punktezahlen werden durch 300 dividiert, so dass sich ein PL pro Gefahrenhinweis und kg Präparat zwischen 0,033 und 0,333 ergibt (= Gewichtungsfaktor). Die Gefahrenhinweise wurden für den vorliegenden Bericht zur besseren Übersichtlichkeit anhand der Punktezahlen in vier Gefahrengruppen eingeteilt (G1: 0-25; G2: 25-50; G3: 51-75; G4: 76-100). Dies ist hilfreich, um die Präparate hinsichtlich der von ihnen ausgehenden Gesundheitsgefährdung für die Anwender grob zu unterscheiden.

Der PL für jede Kombination aus Gefahrengruppe und Präparat ergibt sich aus Multiplikation der Präparatmenge mit den jeweiligen Gewichtungsfaktoren der vorhandenen Gefahrenhinweise, Addition dieser PL-Werte über die Gefahrenhinweise der Gefahrengruppe, und Multiplikation des sich daraus ergebenden Werts mit einem Expositionsfaktor. Dieser beträgt 1,5 für den Großteil der Formulierungen (Präparate in Pulverform oder als Flüssigkeit zur Auflösung in der Spritzbrühe) bzw. 1,0 für andere Formulierungen (Granulate, bereits gebrauchsfertige Präparate o.ä.). Mit dem Expositionsfaktor soll einem erhöhten Expositionsrisiko für den Anwender bei der Zubereitung der Spritzbrühe Rechnung getragen werden. Der PLI_{cs} pro Gefahrengruppe ergibt sich aus der Addition des PL über alle Präparate, die chemisch-synthetische Wirkstoffe enthalten, und Division durch die Referenzfläche. Der PLI_{cs} für die Anwendergesundheit ergibt sich aus der Addition der PLI_{cs} über alle Gefahrengruppen.

Tab. 8: H-Sätze und bis 2017 verwendete R-Sätze mit der jeweils zugeordneten Punktezahl und Gewichtungsfaktor zur Berechnung des PLI_{cs} für die Anwendergesundheit (verändert nach Miljøstyrelsen (2012) [15])

H-Sätze	R-Sätze	Punktezahl	Gewichtungsfaktor PL pro kg Präparat
Gefahrengruppe 1			
H302: Gesundheitsschädlich bei Verschlucken. (Acute Tox. 4)	R22: Gesundheitsschädlich beim Verschlucken.		
H335: Kann die Atemwege reizen. (STOT SE 3)	R37: Reizt die Atmungsorgane.		
H315: Verursacht Hautreizungen. (Skin Irrit. 2)	R38: Reizt die Haut	10	0,033
EUH066: Wiederholter Kontakt kann zu spröder oder rissiger Haut führen.	R66: Wiederholter Kontakt kann zu spröder oder rissiger Haut führen.		
H332: Gesundheitsschädlich bei Einatmen. (Acute Tox. 4)	R20: Gesundheitsschädlich beim Einatmen.		
H312: Gesundheitsschädlich bei Hautkontakt. (Acute Tox. 4)	R21: Gesundheitsschädlich bei Berührung mit der Haut.	15	0,050
H319: Verursacht schwere Augenreizung. (Eye Irrit. 2)	R36: Reizt die Augen.		
H317: Kann allergische Hautreaktionen verursachen. (Skin Sens. 1)	R43: Sensibilisierung durch Hautkontakt möglich.	20	0,066
Gefahrengruppe 2			
H336: Kann Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen. (STOT SE 3)	R67: Dämpfe können Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen.	30	0,100
H334: Kann bei Einatmen Allergie, asthmaartige Symptome oder Atembeschwerden verursachen. (Resp. Sens. 1)	R42: Sensibilisierung durch Einatmen möglich.		
H362: Kann Säuglinge über die Muttermilch schädigen. (Lact.)	R64: Kann Säuglinge über die Muttermilch schädigen.	50	0,166
H301: Giftig bei Verschlucken. (Acute Tox. 3)	R25: Giftig beim Verschlucken.		

H-Sätze	R-Sätze	Punktezahl	Gewichtungsfaktor PL pro kg Präparat
Gefahrengruppe 3			
H331: Giftig bei Einatmen. (Acute Tox. 3)	R23: Giftig beim Einatmen.		
H311: Giftig bei Hautkontakt. (Acute Tox. 3)	R24: Giftig bei Berührung mit der Haut.		
H351: Kann vermutlich Krebs erzeugen. (Carc. 2)	R40: Verdacht auf krebserzeugende Wirkung. (Carc. 2)		
H318: Verursacht schwere Augenschäden. (Eye Dam. 1)	R41: Gefahr ernster Augenschäden.		
H373: Kann die Organe schädigen bei längerer oder wiederholter Exposition. (STOT RE 2)	R48 (Xn): Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition.	70	0,233
H361 (f und/oder d): Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen. Kann vermutlich das Kind im Mutterleib schädigen. (Repr. 2)	R62 Kann möglicherweise die Fortpflanzungsfähigkeit beeinträchtigen. (Rep. 3)		
H371: Kann die Organe schädigen. (STOT SE 2)	R63: Kann das Kind im Mutterleib möglicherweise schädigen. (Rep. 3)		
H341: Kann vermutlich genetische Defekte verursachen. (Muta. 2)	R68 (Xn): Irreversibler Schaden möglich.		
	R68: Irreversibler Schaden möglich. (Mut. 3)		
Gefahrengruppe 4			
H300: Lebensgefahr bei Verschlucken. (Acute Tox. 1/Acute Tox. 2 ^a)	R28: Sehr giftig beim Verschlucken. ^a		
H330: Lebensgefahr bei Einatmen. (Acute Tox. 1/ Acute Tox. 2 ^a)	R26: Sehr giftig beim Einatmen.		
H310: Lebensgefahr bei Hautkontakt. (Acute Tox. 1/ Acute Tox. 2 ^a)	R27: Sehr giftig bei Berührung mit der Haut.		
H304: Kann bei Verschlucken und Eindringen in die Atemwege tödlich sein. (Asp. Tox. 1) ^b	R65: Gesundheitsschädlich: Kann beim Verschlucken Lungenschäden verursachen. ^b		
H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden. (Skin Corr. 1A)	R35: Verursacht schwere Verätzungen.		
H314: Verursacht schwere Hautverbrennungen und Augenschäden. (Skin Corr. 1B) ^a	R34: Verursacht Verätzungen. ^a		
H370: Schädigt die Organe. (STOT SE 1)	R39: Ernste Gefahr irreversiblen Schadens.	100	0,333
H350 (inkl. H350i): Kann Krebs erzeugen. (Carc. 1A/1B)	R45: Kann Krebs erzeugen. (Carc. 1/2)		
H340: Kann genetische Defekte verursachen. (Muta. 1A/1B)	R49: Kann Krebs erzeugen beim Einatmen. (Carc. 1/2)		
H372: Schädigt die Organe bei längerer oder wiederholter Exposition. (STOT RE 1)	R46: Kann vererbare Schäden verursachen. (Mut. 1/2)		
H360 (inkl. H360F/f und/oder H360D/d): Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen oder das Kind im Mutterleib schädigen. (Repr. 1A/Repr. 1B)	R48 (T): Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition.		
	R60: Kann die Fortpflanzungsfähigkeit beeinträchtigen. (Rep. 1/2)		
	R61: Kann das Kind im Mutterleib schädigen. (Rep. 1/2)		

^a PL pro kg von 0,233 auf 0,333; ^b PL pro kg von 0,033 auf 0,333

Beim Teilbereich Anwendergesundheit wurde der PL bei einzelnen H-Sätzen, die ursprünglich mehrfach vorkamen, zusammengefasst und der jeweils höhere Wert berücksichtigt. Dies betraf z. B. H330 (Lebensgefahr bei Einatmen), der ursprünglich in den Gefahrenkategorien „Acute Tox. 1“ bzw. „Acute Tox. 2“ mit einem PL von 0,333 bzw. 0,233 pro kg Präparat eingestuft war. Im vorliegenden Bericht wird der höhere Wert verwendet. Daneben wird bei H304 („Kann bei Verschlucken und Eindringen in die Atemwege tödlich sein.“) und beim entsprechenden R-Satz (R65) jeweils mit einem PL von 0,333 pro kg Präparat gerechnet (ursprünglich 0,033).

Alle Berechnungen wurden mit der Software R [22] in der Entwicklungsumgebung R-Studio [23] u.a. unter Verwendung des R-Packages „PesticideLoadIndicator“ [24] umgesetzt. Die Daten zu den H- und R-Sätzen der Präparate zur Berechnung des PLI_{cs} für die Anwendergesundheit wurden aus der BVL-Zulassungsdatenbank abgerufen und bei älteren Präparaten z.T. selbst recherchiert. Die Daten zu den Wirkstoffparametern für die Teilbereiche Ökotoxizität und Umweltverhalten wurden aus der Pesticide Properties DataBase [25] abgerufen.

Ergebnisse zum PLI_{cs} im Teilbereich Ökotoxizität

Der PLI_{cs} für die Ökotoxizität lag im Referenzzeitraum (2014-2018) im Durchschnitt bei 1,4 und nahm von 2015 bis 2020 kontinuierlich ab (Abb. 37). Seither ist ein geringfügiger Anstieg zu beobachten. Allerdings liegt der aktuelle (2023) Wert mit 1,0 immer noch deutlich unterhalb der Basislinie (-29 %). Die Zusammensetzung des PLI_{cs} wird maßgeblich von den Subindikatoren zur akuten Toxizität für Honigbienen, Wasserlebewesen (Wasserflöhe, Fische) und Wasserpflanzen sowie Vögel geprägt. Dies liegt zum einen an den individuellen Gewichtungen im Teilbereich Ökotoxizität und zum anderen an der Toxizität der eingesetzten Wirkstoffe.

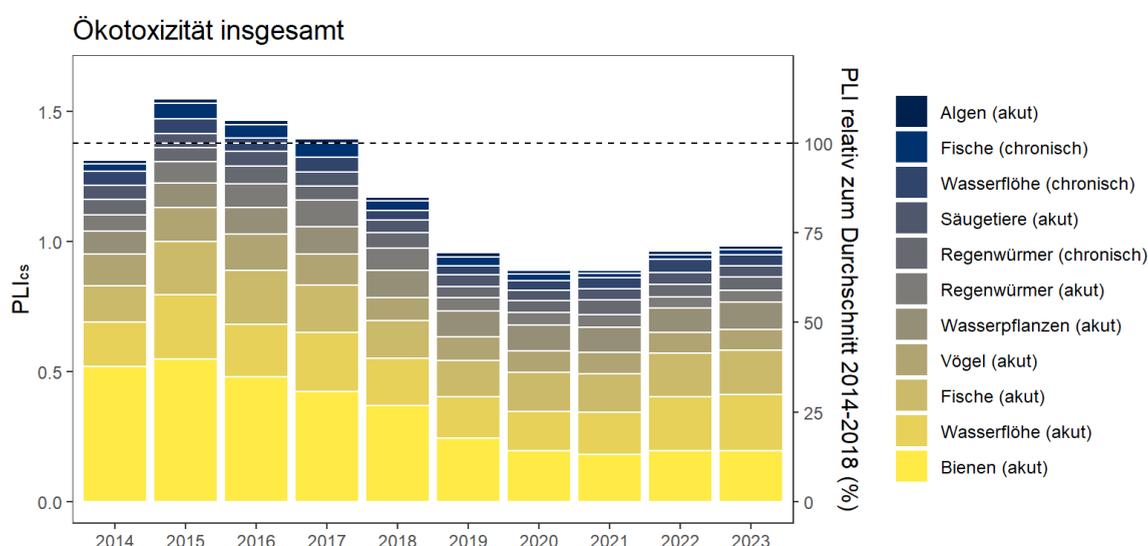


Abb. 37: PLI_{cs} für die Ökotoxizität nach Subindikatoren (= Toxizität für Referenzorganismen) von 2014 bis 2023 (gestrichelte Linie: Basislinie, Durchschnitt 2014-2018)

Bei Aufschlüsselung nach Wirkungsbereichen (Abb. 38) zeigt sich, dass Fungizide, Herbizide und in besonderem Maße Insektizide zum PLI_{cs} beitragen und, dass einige Wirkstoffe als potenziell problematisch zu bewerten sind. Über alle Referenzorganismen sind aktuell das Kontaktfungizid Folpet sowie die Pyrethroid-Insektizide Etofenprox und lambda-Cyhalothrin zu nennen. Eine gesonderte Betrachtung des PLI_{cs} über die Jahre für die einzelnen Referenzorganismen zeigt, dass sich das Gefährdungspotenzial allerdings zum Teil unterschiedlich entwickelt hat.

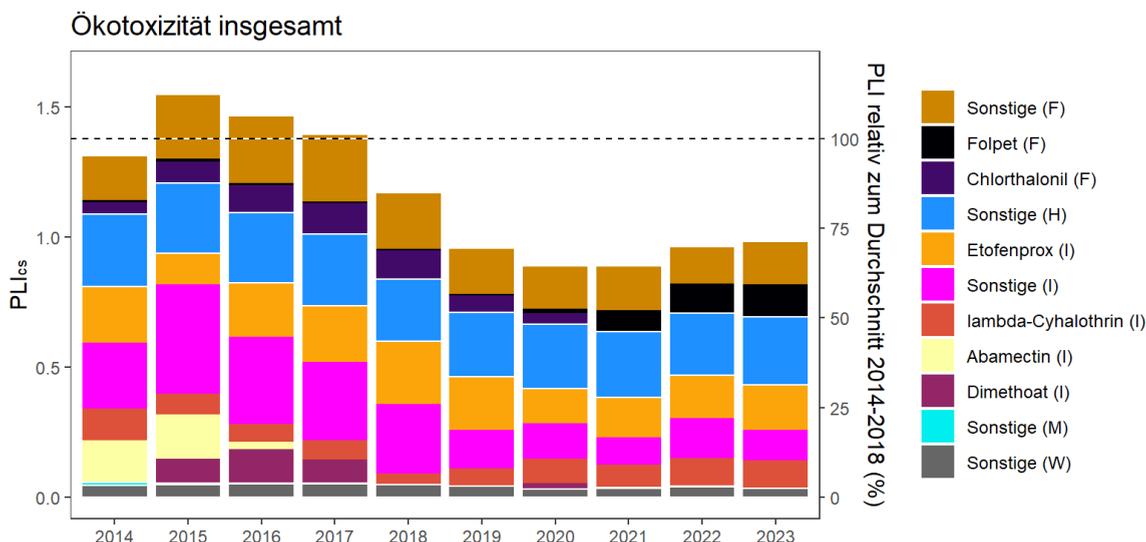


Abb. 38: PLI_{cs} für die Ökotoxizität nach Wirkungsbereichen und bedeutsamen Wirkstoffen von 2014 bis 2023 (F = Fungizide, H = Herbizide, I = Insektizide, M = Molluskizide, W = Wachstumsregler; gestrichelte Linie: Basislinie, Durchschnitt 2014-2018)

Eine potenzielle Gefährdung von Bienen im chemisch-synthetischen Pflanzenschutz aufgrund akuter Toxizität ist weitestgehend auf den Einsatz von Insektiziden zurückzuführen (Abb. 39). Im betrachteten Zeitraum ist dabei eine deutliche Reduzierung des PLI_{cs} bei diesem Subindikator festzustellen. Während im Referenzzeitraum der Durchschnitt bei 0,52 lag, ging dieser Wert zurück auf 0,20 im Jahr 2023, was einer Reduktion um 58 % entspricht. Einen bedeutenden Anteil am Rückgang hatten Einschränkungen bei der Anwendung von Abamectin sowie der Wegfall der Zulassungen von Präparaten mit dem Neonicotinoid-Insektizid Thiametoxam bzw. mit dem Organophosphat-Insektizid Dimethoat. In den letzten Jahren wurde der PLI_{cs} maßgeblich vom Pyrethroid-Insektizid Etofenprox bestimmt, welches u.a. in Präparaten zur Bekämpfung von Rapsschädlingen zum Einsatz kommt. Bei der Applikation dieser Präparate ist daher auf konsequente Einhaltung der vorgeschriebenen Auflagen zum Bienenschutz zu achten (d.h. (Stand 08/2025) bienengefährlich, außer bei Anwendung nach dem Ende des täglichen Bienenfluges in dem zu behandelnden Bestand bis 23:00 Uhr. Keine Ausbringung außerhalb dieses Zeitraums auf blühende oder von Bienen beflogene Pflanzen; dies gilt auch für Unkräuter.).

Der PLI_{cs} bei der akuten Toxizität von Pflanzenschutzmittelwirkstoffen für Säugetiere wird maßgeblich von Chlormequat, einem Wachstumsregler im Getreide, sowie von Fungiziden und Herbiziden bestimmt (Abb. 39). Der PLI_{cs} blieb in den letzten Jahren auf einem gleichbleibenden Niveau und im Jahr 2023 lag der Wert rund 19 % unter der Basislinie.

Der PLI_{cs} bei der akuten Toxizität von Pflanzenschutzmittelwirkstoffen für Vögel fällt im Jahr 2023 im Vergleich zum Referenzzeitraum um rund 33 % geringer aus (Abb. 39). Alle Wirkungsbereiche haben bei diesem Subindikator eine gewisse Relevanz, wobei die der Insektizide im Vergleich am deutlichsten zurückging.

Der PLI_{cs} bei der akuten Toxizität von Pflanzenschutzmittelwirkstoffen für die betrachteten Wasserlebewesen (Fische, Wasserflöhe) gehen maßgeblich von Insektiziden und Fungiziden aus (Abb. 39). Bei beiden Stellvertreterorganismen war bei der akuten Toxizität im Vergleich zum Referenzzeitraum zunächst eine Reduktion bis 2019/2020 zu beobachten. Diese ist einerseits auf den Wegfall von Präparaten mit dem fungiziden Wirkstoff Chlorthalonil zurückzuführen und andererseits auf Veränderungen bei den eingesetzten Pyrethroid-Insektiziden. Seit 2021 ist wieder eine Zunahme des PLI_{cs} zu verzeichnen, die maßgeblich vom verstärkten Einsatz des Kontaktfungizids Folpet verursacht wird, welches umfangreich im Getreide, Hopfen und Weinbau eingesetzt wird.

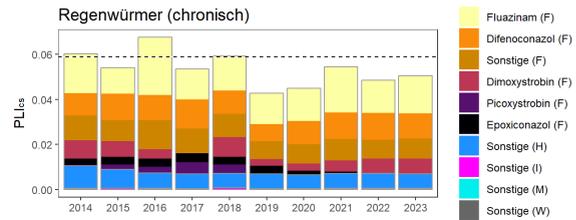
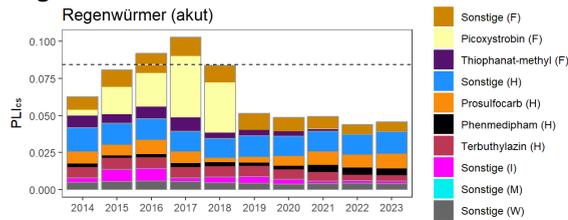
Bei den Wasserflöhen wird die chronische Toxizität maßgeblich von den Insektiziden bestimmt (Abb. 39). Der PLI_{cs} bei diesem Subindikator zeigt ähnlich wie bei der akuten Toxizität im Vergleich zum Referenzzeitraum nach einem anfänglichen Rückgang eine zunehmende Tendenz seit 2019, wobei der PLI_{cs} zuletzt (2023) 12 % unter dem des Referenzzeitraums lag. Bei den Fischen wird die chronische Toxizität maßgeblich von den Fungiziden und danach von den Insektiziden bestimmt. Im Vergleich zum Referenzzeitraum ist beim PLI_{cs} für das Jahr 2023 dabei ein Rückgang um 60 % zu verzeichnen, der maßgeblich auf den Wegfall von Fungizidpräparaten mit problematischen Wirkstoffen zurückzuführen ist (Fenpropimorph, Chlorthalonil).

Für die betrachteten Organismen der Gewässerflora (Wasserpflanzen, Algen) geht vor allem von Herbiziden eine akute Toxizität aus (Abb. 39). Bei den Wasserpflanzen blieb der PLI_{cs} über den betrachteten Zeitraum nahezu unverändert. Bei den Algen war ein deutlicher Rückgang von 2019 bis 2022 zu verzeichnen. Zuletzt (2023) lag der PLI_{cs} aber nur geringfügig unter dem Durchschnitt des Referenzzeitraums (-6 %). Problematische Herbizide stellten im Jahr 2023 Flufenacet, Diflufenican, Dimethenamid-P und Terbutylazin dar.

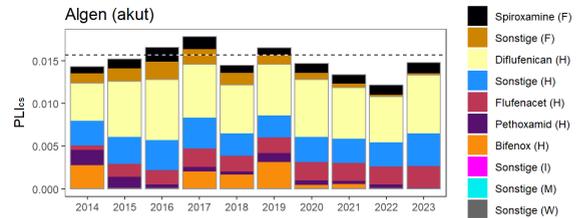
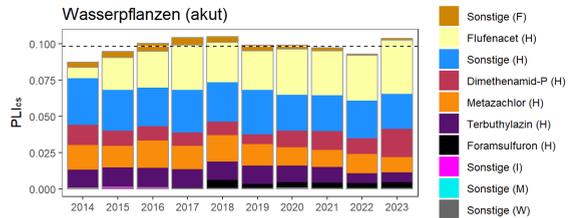
Bei den Regenwürmern liegt der PLI_{cs} bei der akuten Toxizität seit dem Jahr 2019 deutlich unterhalb der Basislinie (2023 -46 %, Abb. 39). Dies lag vor allem am Wegfall von Präparaten mit dem für diese Arten besonders problematischen fungiziden Wirkstoff Picoxystrobin. Der Anteil der Fungizide am PLI_{cs} war bis 2018 dominierend. Seither sind vor allem die Herbizide ausschlaggebend für die Zusammensetzung. Beim PLI_{cs} aufgrund der chronischen Toxizität war ein geringfügiger Rückgang bis zu 2023 zu verzeichnen (-14 %). Hauptverantwortlich für die Zusammensetzung des PLI_{cs} bei der chronischen Toxizität bei Regenwürmern sind die Fungizide. Bei den 2023 noch genehmigten Wirkstoffen hatten Fluazinam, Difenconazol und Dimoxystrobin die größte Bedeutung.

Generell gehen von Pflanzenschutzmitteln potenzielle Gefährdungen für Nichtzielorganismen aus. Um diese zu reduzieren, sind die Anwendungsbestimmungen der Präparate zum Schutz dieser Organismen strikt einzuhalten.

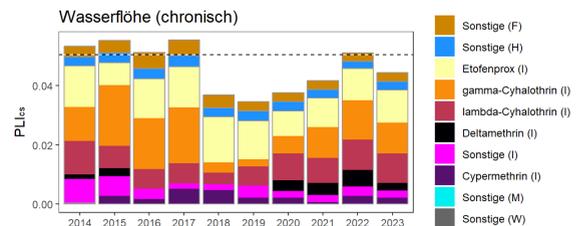
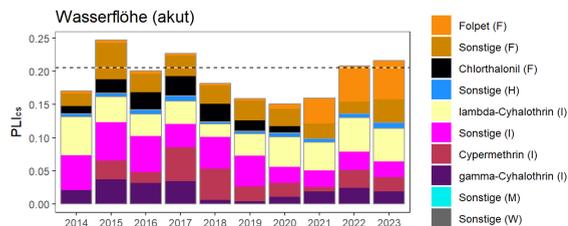
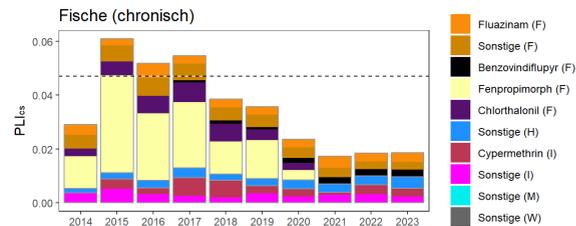
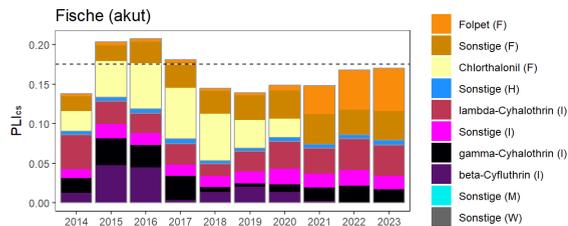
Regenwürmer



Gewässerflora



Wasserlebewesen



Landlebewesen

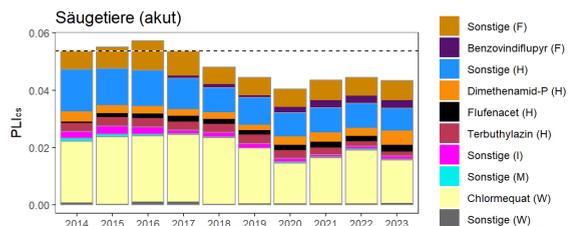
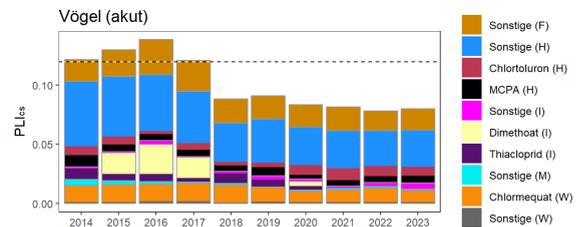
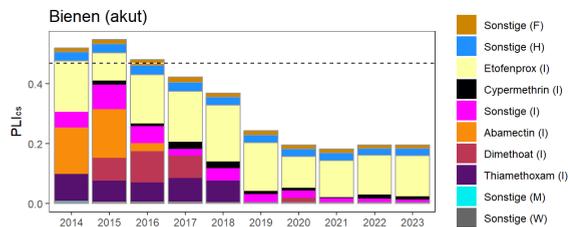


Abb. 39: PLI_{cs} für die Subindikatoren im Teilbereich Ökotoxizität (= Toxizität für Referenzorganismen) nach Wirkungsbereichen und bedeutsamen Wirkstoffen von 2014 bis 2023 (F = Fungizide, H = Herbizide, I = Insektizide, M = Molluskizide, W = Wachstumsregler; gestrichelte Linie: Basislinie, Durchschnitt 2014-2018)

Ergebnisse zum PLI_{cs} im Teilbereich Umweltverhalten

Der PLI_{cs} für das Umweltverhalten wird vom Subindikator „Auswaschung ins Grundwasser“ dominiert (Abb. 40). Dies liegt zum einen an der im Vergleich zu den anderen beiden Subindikatoren (Bioakkumulation, Persistenz im Boden) stärkeren Gewichtung dieses Subindikators und zum anderen an dem hohen PL, der mit einzelnen relevanten Metaboliten verbunden ist.

Ein Metabolit gilt pflanzenschutzrechtlich als relevant, wenn er eine mit dem Wirkstoff vergleichbare pestizide Wirkung aufweist, toxikologische Eigenschaften besitzt, die bei entsprechender Exposition ein gesundheitliches Risiko für Verbraucher darstellen können, oder für Gewässerorganismen schädlich ist.

Wird ein Wirkstoff als reproduktionstoxisch oder kanzerogen eingestuft, so werden diese Eigenschaften auch für die Metaboliten nicht ausgeschlossen und folglich als relevant bewertet, sofern keine entlastenden Daten vorliegen. Mit jedem turnusmäßigen Wiedergenehmigungsverfahren eines Wirkstoffs werden sowohl die Wirkstoffeigenschaften als auch die Relevanz seiner Metaboliten nach aktuellem Stand der Wissenschaft neu geprüft. Die Angaben zur Einordnung eines Metaboliten beziehen sich somit auf die Datengrundlage und den Verfahrensstand zum jeweiligen Zeitpunkt [26]. Im dänischen Konzept des PLI_{cs} ist keine Unterscheidung in relevante und nicht-relevante Metaboliten vorgesehen. Nach den deutschen pflanzenschutzrechtlichen Vorschriften werden im Zulassungsverfahren Wirkstoffe und relevante Metaboliten berücksichtigt. Insoweit beziehen sich die nachfolgenden Ergebnisse auf diese beiden Gruppen.

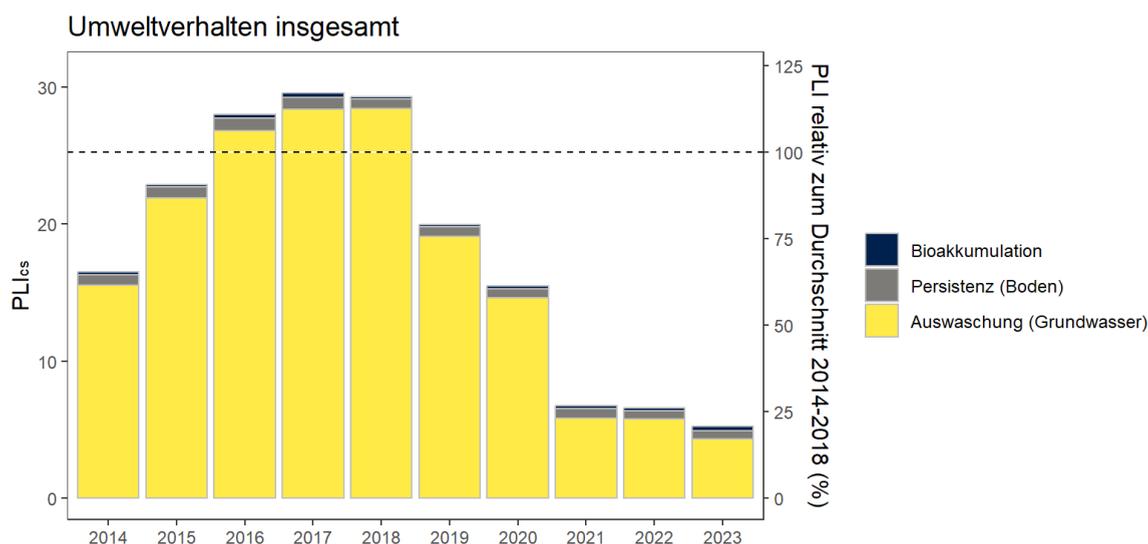


Abb. 40: PLI_{cs} für das Umweltverhalten nach Subindikatoren von 2014 bis 2023 (gestrichelte Linie: Basislinie, Durchschnitt 2014-2018)

Beim PLI_{cs} für das Umweltverhalten ist seit 2018 ein Abwärtstrend zu beobachten (Abb. 41). Im Vergleich zur Basislinie (25,3) ergab sich für 2023 ein Rückgang um 79 % auf 5,3. Relevante Metabolite des fungiziden Wirkstoffs Chlorthalonil machten bis 2020 noch mehr als die Hälfte des PLI_{cs} aus. Danach wurde der Wirkstoff nicht mehr verwendet. Daneben waren bis 2023 Abbauprodukte des Maisherbizids S-Metolachlor für einen Großteil des PLI_{cs} verantwortlich. Auch dieser Wirkstoff ist inzwischen auf EU-Ebene nicht mehr genehmigt und wurde das letzte Mal in der Saison 2024 eingesetzt.

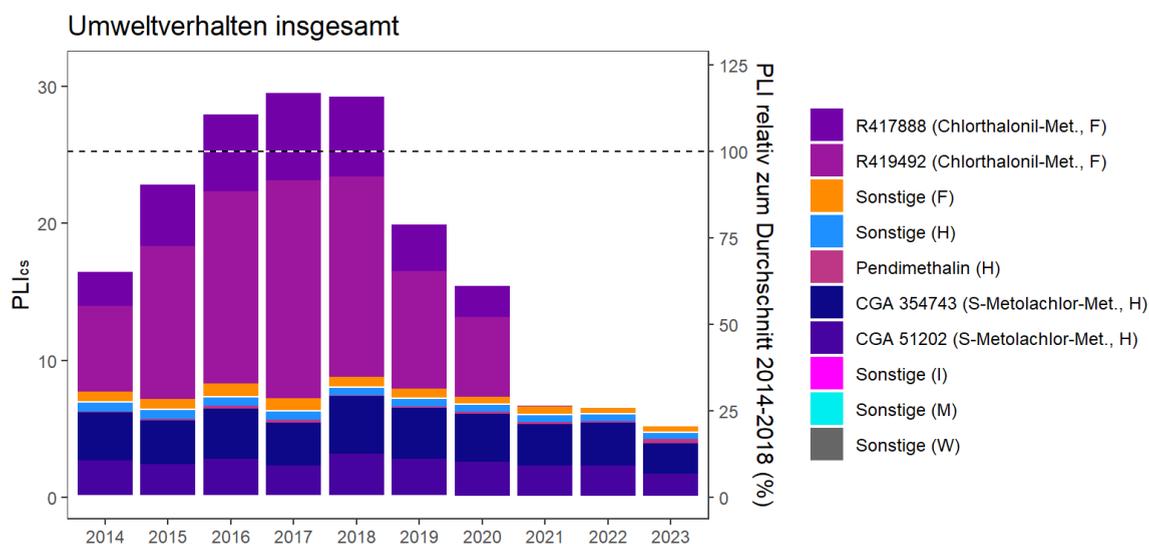


Abb. 41: PLI_{cs} für das Umweltverhalten nach Wirkungsbereichen und bedeutsamen Wirkstoffen bzw. Abbauprodukten von 2014 bis 2023 (F = Fungizide, H = Herbizide, I = Insektizide, M = Molluskizide, W = Wachstumsregler; gestrichelte Linie: Basislinie, Durchschnitt 2014-2018)

Der verwendete Parameter (SCI-GROW) zur Berechnung des PLI_{cs} für die Auswaschung von Substanzen ins Grundwasser basiert auf Eigenschaften der Wirkstoffe und ihrer Abbauprodukte bezüglich deren Halbwertszeit im Boden sowie deren Bindungsfähigkeit an Bodenpartikel und organische Substanz. Es handelt sich dabei um eine sehr grobe Bewertung der Substanzen hinsichtlich ihrer Neigung zur Auswaschung ins Grundwasser ohne konkrete Umweltbedingungen zu berücksichtigen. Er stellt daher auch keinen Ersatz für Modellierungs- und Risikobewertungsstudien dar (PELMO o.ä.).

Beim PLI_{cs} für den Subindikator „Auswaschung“ ist für Wirkstoffe und deren relevanten Metaboliten seit 2018 ein Abwärtstrend zu beobachten (Abb. 42). Dabei lag 2023 der PLI_{cs} mit 4,3 rund 82 % unterhalb der Basislinie. Von großer Bedeutung für die Abnahme des PLI_{cs} im Betrachtungszeitraum war der Wegfall von Chlorthalonil, dessen Metabolite R417888 und R419492 einen signifikanten Anteil ausmachten. Daneben waren seit 2014 zwei Abbauprodukte von S-Metolachlor (CGA 354743, CGA 51202) für die Zusammensetzung des PLI_{cs} maßgeblich verantwortlich.

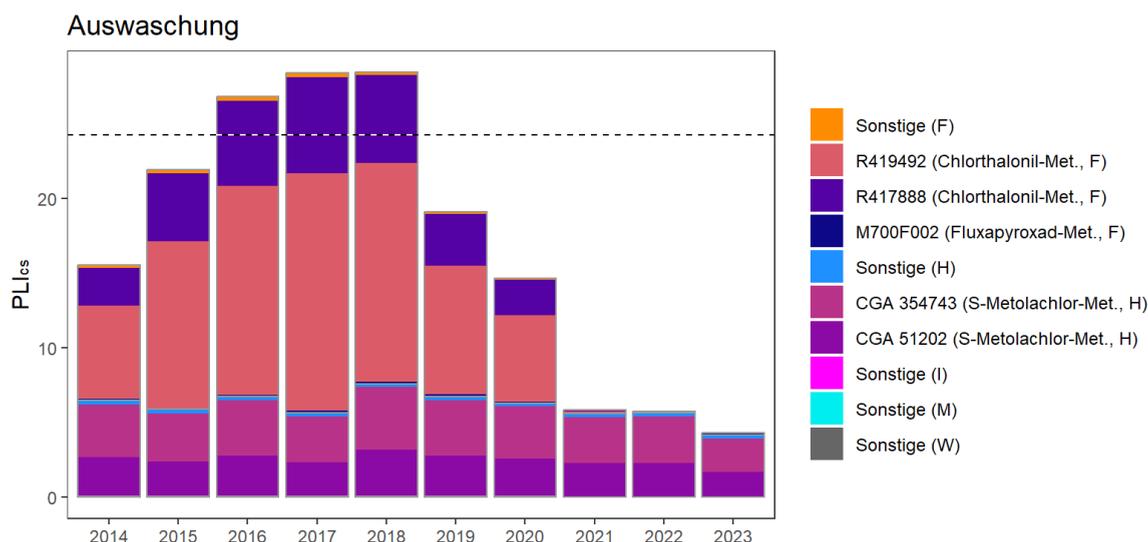


Abb. 42: PLI_{cs} für den Subindikator „Auswaschung“ nach Wirkungsbereichen und bedeutsamen Wirkstoffen bzw. relevanten Metaboliten von 2014 bis 2023 (F = Fungizide, H = Herbizide, I = Insektizide, M = Molluskizide, W = Wachstumsregler; gestrichelte Linie: Basislinie, Durchschnitt 2014-2018)

Für die Berechnung des PLI_{cs} für die Subindikatoren „Bioakkumulation“ und „Persistenz im Boden“ werden nur die Wirkstoffe selbst betrachtet.

Die fortschreitende Anreicherung einer Substanz in einem Organismus oder einem Teil eines Organismus wird als Bioakkumulation bezeichnet. Sie tritt auf, weil die Aufnahmegeschwindigkeit die Fähigkeit des Organismus übersteigt, die Substanz aus dem Körper zu entfernen. Der Prozess ist besonders relevant in aquatischen Ökosystemen, wo Schadstoffe von kleinen Organismen aufgenommen und in der Nahrungskette weitergegeben werden. Als Maß dient der Biokonzentrationsfaktor, der das Verhältnis zwischen der Konzentration einer Substanz im Organismus und der Konzentration der Substanz im umgebenden Medium (Wasser) angibt.

Beim Subindikator „Bioakkumulation“ verblieb der PLI_{cs} nach einem Rückgang im Jahr 2019 zunächst auf dem Niveau des Referenzzeitraums (Abb. 43). Bis ins Jahr 2023 war allerdings eine signifikante Zunahme des PLI_{cs} im Vergleich zum Referenzzeitraum von 50 % zu verzeichnen. Die Hauptgründe dafür waren eine verstärkte Anwendung von bestimmten Bodenherbiziden, nämlich Pendimethalin im Mais sowie Pendimethalin und Prosulfocarb im Winterweizen. Präparate mit dem Wirkstoff Pendimethalin weisen unter den Mais- und Getreideherbiziden bei Anwendungen in Höhe der vorgeschriebenen Aufwandmengen einen besonders hohen PL pro Hektar bei der Bioakkumulation auf. Die Zusammensetzung des PLI_{cs} nach Wirkungsbereichen wird maßgeblich von den Herbiziden bestimmt und zu einem geringeren Teil von den Fungiziden.

Die Persistenz im Boden beschreibt, wie lange eine Substanz im Boden verbleibt, ohne sich wesentlich zu verändern oder abgebaut zu werden. Als Maß dient die Halbwertszeit. Beim PLI_{cs} für den Subindikator „Persistenz von Wirkstoffen im Boden“ bewegte sich der PLI_{cs} seit 2018 deutlich unterhalb der Basislinie und im Jahr 2023 lag der Wert 24 % darunter (Abb. 43). Die Zusammensetzung des PLI_{cs} wird maßgeblich von den Fungiziden und

Herbiziden bestimmt. Die Abnahme im Vergleich zum Referenzzeitraum ist u.a. auf den Wegfall von Präparaten mit den Wirkstoffen Epoxiconazol und Deiquat zurückzuführen.

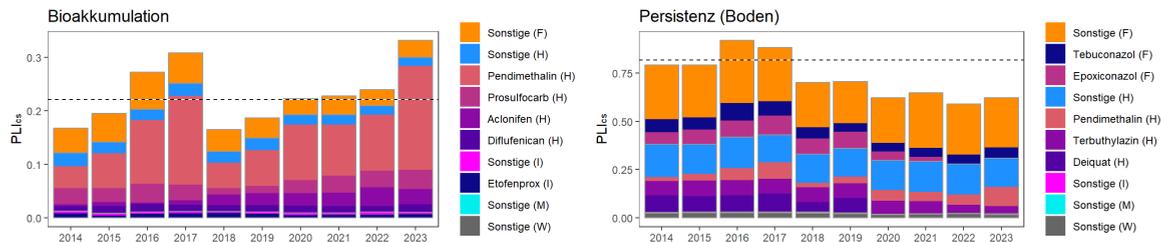


Abb. 43: PLI_{cs} für die Subindikatoren „Bioakkumulation“ und „Persistenz im Boden“ nach Wirkungsbereichen und bedeutsamen Wirkstoffen von 2014 bis 2023 (Subindikator Auswaschung) (F = Fungizide, H = Herbizide, I = Insektizide, M = Molluskizide, W = Wachstumsregler; gestrichelte Linie: Basislinie, Durchschnitt 2014-2018)

Ergebnisse zum PLI_{cs} im Teilbereich Anwendergesundheit

Das Gefährdungspotenzial, das für die Anwender von chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln in den betrachteten Kulturen ausgeht, ging seit dem Referenzzeitraum (2014-2018) deutlich zurück. Während der entsprechende PLI_{cs} im Referenzzeitraum im Durchschnitt bei 2,7 lag, bewegte er sich seit 2020 deutlich unter diesem Wert (Abb. 44). Zuletzt (2023) war mit einem Wert von 2,2 ein Rückgang um 19 % zu verzeichnen. Die Zusammensetzung des PLI_{cs} wird maßgeblich vom Einsatz von Präparaten geprägt, die Gefahrenhinweise (H-Sätze) der Gefahrengruppe 3 aufweisen, gefolgt von den Gefahrengruppen 1, 4 und 2.

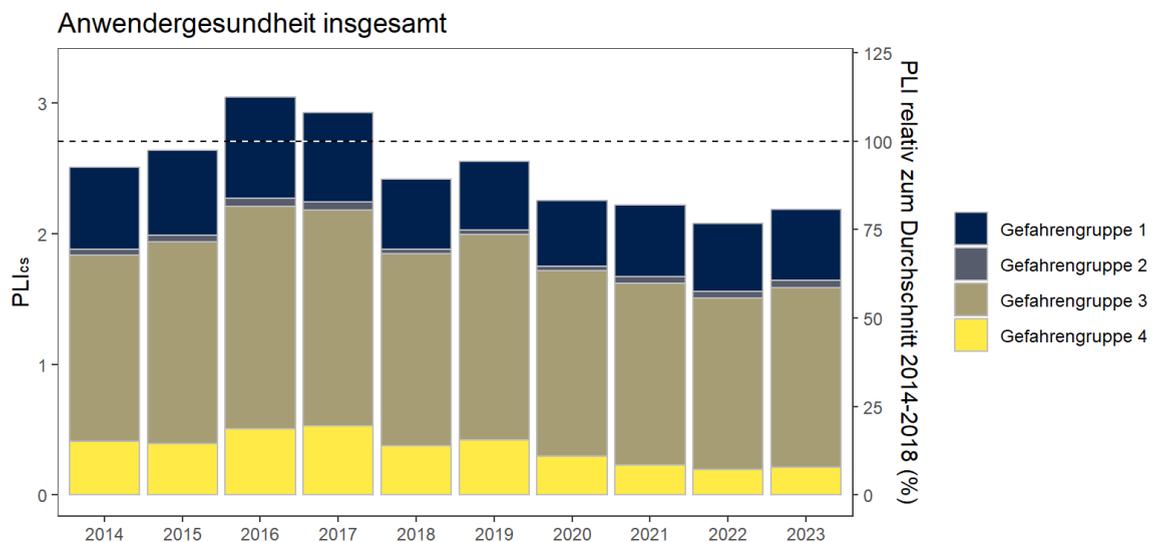


Abb. 44: PLI_{cs} für die Anwendergesundheit nach Gefahrengruppen von 2014 bis 2023 (Gefahrenhinweise siehe Tab. 8; gestrichelte Linie: Basislinie, Durchschnitt 2014-2018)

Vor allem Herbizide und Fungizide tragen zum PLI_{cs} bei der Anwendergesundheit bei. Einzelne Präparate bzw. deren Vertriebsweiterungen und entsprechende Präparate des Parallelhandels fallen aufgrund ihrer charakteristischen Gesundheitsgefahren und ihres Einsatzumfangs besonders auf.

Langjährig auffällig hinsichtlich ihrer Anteile am PLI_{cs} waren über alle Gefahrengruppen hinweg beispielsweise das Maisherbizid Gardo Gold sowie die Getreidefungizide Adexar und Capalo (Abb. 45).

Die genannten Präparate haben allerdings inzwischen keine Zulassung mehr.

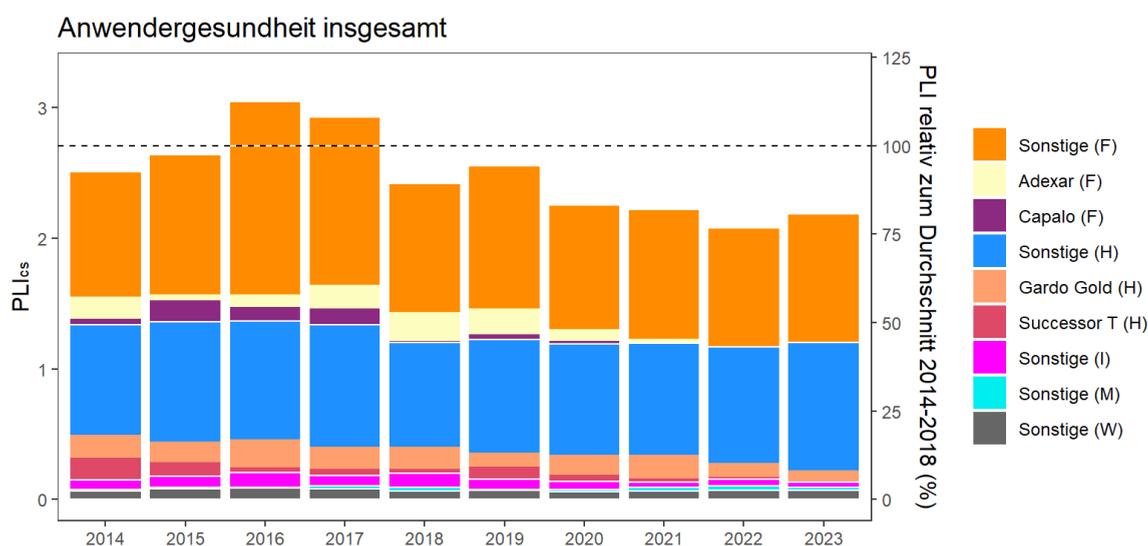


Abb. 45: PLI_{cs} für die Anwendergesundheit nach Wirkungsbereichen und bedeutsamen Präparaten von 2014 bis 2023 (F = Fungizide, H = Herbizide, I = Insektizide, M = Molluskizide, W = Wachstumsregler; gestrichelte Linie: Basislinie, Durchschnitt 2014-2018)

Eine gesonderte Betrachtung des PLI_{cs} über die Jahre für die einzelnen Gefahrengruppen zeigt, dass sich das Gefährdungspotenzial zum Teil unterschiedlich entwickelt hat.

Der Beitrag zum PLI_{cs} für die Anwendergesundheit, der auf die Anwendung von Präparaten mit Gefahrenhinweisen der Gefahrengruppe 1 zurückzuführen ist, befand sich von 2018 bis 2023 auf konstantem Niveau und lag 2023 mit 0,54 rund 17 % unterhalb der Basislinie (Abb. 46). Als bedeutende Gefahrenhinweise mit den größten Beiträgen zum PLI_{cs} sind hier H317 und H319 zu nennen, wobei 46 % bzw. 34 % der 2023 eingesetzten Präparate (inkl. deren Vertriebsweiterungen) diese Warnhinweise trugen. Rund 88 % hatten mindestens einen Gefahrenhinweis aus dieser Gruppe.

Der Beitrag zum PLI_{cs} für die Anwendergesundheit, der auf die Anwendung von Präparaten mit Gefahrenhinweisen der Gefahrengruppe 2 zurückzuführen ist, blieb im betrachteten Zeitraum absolut gesehen auf einem niedrigen Niveau (Abb. 46). Mit 0,06 lag der PLI_{cs} 2023 etwa 11 % oberhalb des Werts aus dem Referenzzeitraum. Die größte Bedeutung haben die Hinweise zu H362 und H336. Bedeutende Präparate mit entsprechenden Gefahrenhinweisen stellten 2023 das Fungizid Revytrex (H362) bzw. das Herbizid Targa

Super (H336) dar. Im Jahr 2023 waren 2 % bzw. 7 % der eingesetzten Präparate (inkl. deren Vertriebsweiterungen) mit den Gefahrenhinweisen H362 bzw. H336 gekennzeichnet.

Der größte Beitrag zum PLI_{cs} für die Anwendergesundheit geht auf die Anwendung von Präparaten mit Gefahrenhinweisen der Gefahrengruppe 3 zurück. Im Jahr 2023 lag der Wert mit 1,37 rund 12 % unterhalb des Durchschnitts des Referenzzeitraums (Abb. 46). Die bedeutendsten Gefahrenhinweise hinsichtlich des Beitrags zum PLI_{cs} sind H361, H318 H351 und H373. Bedeutende Präparate mit mindestens einem Gefahrenhinweis aus dieser Gruppe stellen das Fungizid Ascra Xpro (H318, H361) sowie die Maisherbizide MaisTer power (H351, H318) und Gardo Gold (H373) dar. Im Jahr 2023 waren rund 64 % der eingesetzten Präparate (inkl. deren Vertriebsweiterungen) mit mindestens einem Gefahrenhinweis aus dieser Gruppe gekennzeichnet.

Der Beitrag zum PLI_{cs} für die Anwendergesundheit, der auf die Anwendung von Präparaten mit Gefahrenhinweisen der Gefahrengruppe 4 zurückzuführen ist, ging von 2019 bis 2022 kontinuierlich zurück. Er lag 2023 mit 0,21 rund 52 % unter dem Durchschnitt des Referenzzeitraums (Abb. 46). Der PLI_{cs} in dieser Gruppe wird dominiert von Präparaten mit den Gefahrenhinweisen H304 und H360. Bedeutende Vertreter dieser Gruppe waren 2023 das Maisherbizid Spectrum Plus (H304) bzw. das Hopfenfungizid Forum (H360). Im Jahr 2023 waren 2 % bzw. 12 % der eingesetzten Präparate (inkl. deren Vertriebsweiterungen) mit den Gefahrenhinweisen H360 bzw. H304 gekennzeichnet und 17 % hatten mindestens einen Gefahrenhinweis aus dieser Gruppe.

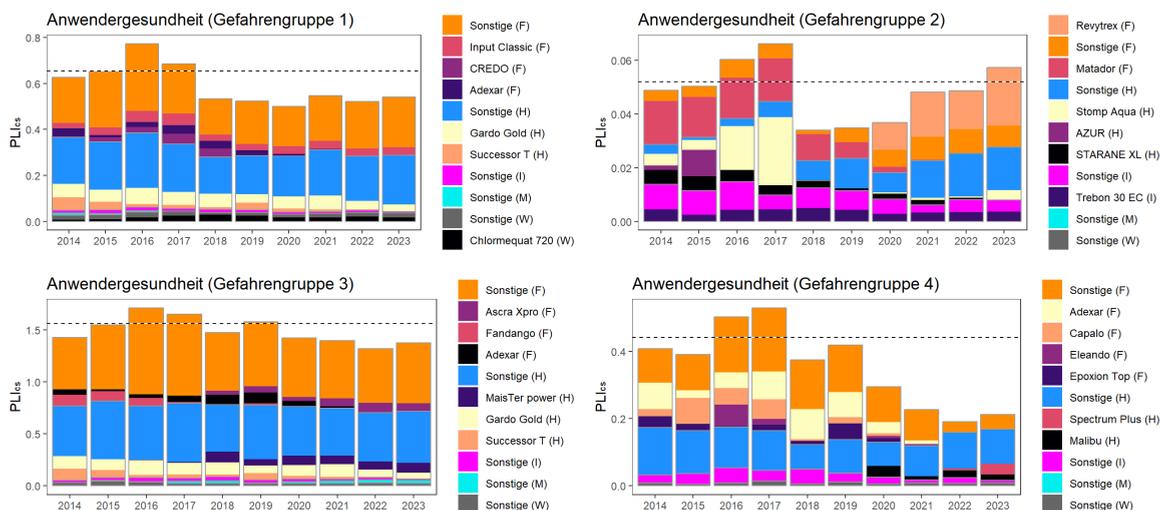


Abb. 46: PLI_{cs} für die Gefahrengruppen (Gefahrenhinweise siehe Tab. 8) im Teilbereich Anwendergesundheit nach Wirkungsbereichen und bedeutsamen Präparaten von 2014 bis 2023 (F = Fungizide, H = Herbizide, I = Insektizide, M = Molluskizide, W = Wachstumsregler; gestrichelte Linie: Basislinie, Durchschnitt 2014-2018)

Ergebnisse zum PLI_{cs} insgesamt

Da im ursprünglichen dänischen Konzept die Aufsummierung der PLI_{cs} aus den einzelnen Teilbereichen vorgesehen ist, werden die entsprechenden Ergebnisse für Bayern hier präsentiert (Abb. 47, Tab. 9). Grundsätzlich ist allerdings anzumerken, dass die Teilbereiche nur schwer miteinander vergleichbar sind. Daher sollte immer auch eine separate Darstellung der Teilbereich- PLI_{cs} erfolgen.

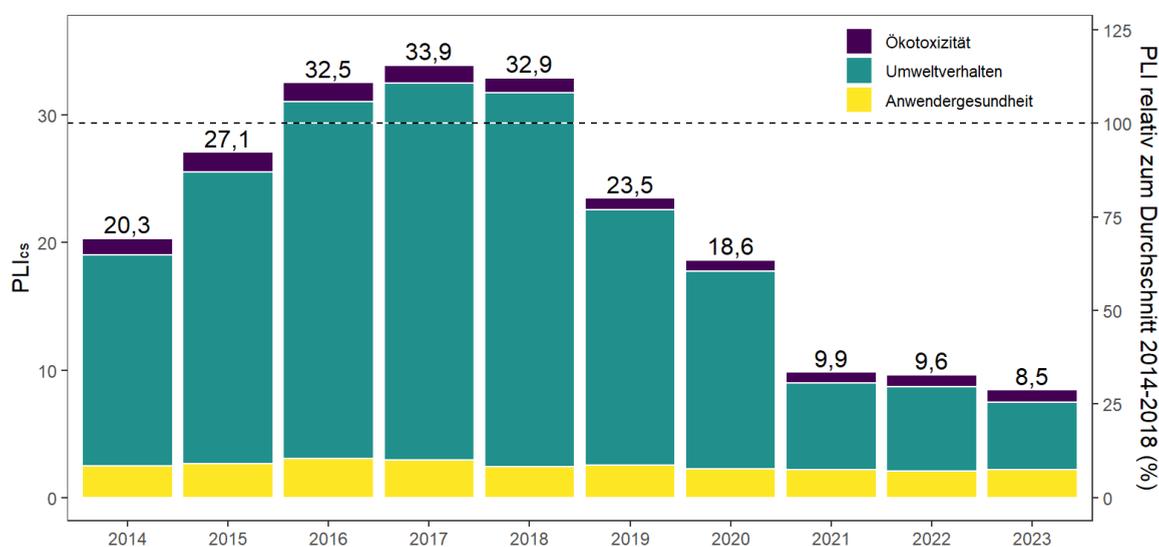


Abb. 47: PLI_{cs} insgesamt nach Teilbereichen von 2014 bis 2023 (gestrichelte Linie: Basislinie, Durchschnitt 2014-2018)

Insgesamt ist beim PLI_{cs} ausgehend von den Hochrechnungsdaten zu den Präparaten, den Wirkstoffen und deren relevanten Metaboliten im Vergleich zum Referenzzeitraum (2014-2018, PLI_{cs} von 29,4) ein Rückgang bis 2023 um 71 % zu verzeichnen (PLI_{cs} von 8,5). Dabei ist der Großteil der Risikominderung auf Veränderungen beim Fungizideinsatz im Teilbereich Umweltverhalten zurückzuführen (Wegfall von Chlorthalonil). Die einzelnen Teilbereiche hatten 2023 dabei jeweils einen Anteil von 12 % (Ökotoxizität), 62 % (Umweltverhalten) und 26 % (Anwendergesundheit). Die Dominanz des Teilbereichs Umweltverhalten beim aufsummierten PLI_{cs} zeigt die Probleme der Addition der PLI_{cs} der einzelnen Teilbereiche auf.

Tab. 9: PLI_{cs} nach Teilbereichen und Wirkungsbereichen und insgesamt von 2014 bis 2023

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ökotoxizität										
Herbizide	0,28	0,27	0,27	0,28	0,24	0,25	0,25	0,25	0,24	0,26
Fungizide	0,22	0,34	0,37	0,38	0,33	0,25	0,22	0,25	0,25	0,29
Insektizide	0,75	0,88	0,77	0,68	0,55	0,42	0,38	0,35	0,43	0,40
Wachstumsregler	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03
Molluskizide	0,01	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Gesamt	1,31	1,55	1,46	1,39	1,17	0,96	0,89	0,89	0,96	0,98
Umweltverhalten										
Herbizide	6,86	6,30	7,24	6,23	7,90	7,14	6,72	6,00	6,04	4,72
Fungizide	9,51	16,49	20,64	23,24	21,29	12,75	8,71	0,67	0,48	0,49
Insektizide	0,06	0,04	0,05	0,03	0,06	0,04	0,03	0,01	0,02	0,02
Wachstumsregler	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,04	0,05	0,05	0,04
Molluskizide	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Gesamt	16,49	22,90	28,00	29,56	29,31	19,98	15,49	6,74	6,59	5,27
Anwendergesundheit										
Herbizide	1,19	1,18	1,16	1,16	1,00	1,07	1,06	1,07	1,02	1,07
Fungizide	1,18	1,28	1,68	1,59	1,22	1,33	1,06	1,02	0,91	0,99
Insektizide	0,07	0,09	0,11	0,08	0,11	0,08	0,06	0,04	0,05	0,04
Wachstumsregler	0,07	0,08	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07	0,07
Molluskizide	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03
Gesamt	2,52	2,65	3,05	2,93	2,42	2,56	2,26	2,23	2,09	2,20
Insgesamt	20,32	27,09	32,52	33,89	32,91	23,50	18,64	9,85	9,64	8,45

2.1.2.13 Risikobewertung mit dem Harmonisierten Risikoindikator

In Anlehnung an den Harmonisierten Risikoindikator 1 (HRI 1) der Europäischen Kommission wurde für die vorliegenden Daten ein modifizierter Indikator (HRI_{1cs}) berechnet, um die Entwicklung des Risikos, das von den eingesetzten Wirkstoffen ausgeht, abschätzen zu können. Während der HRI 1 die relative Entwicklung der gewichteten jährlichen Wirkstoff-Verkaufszahlen in Bezug auf den Zeitraum 2011 bis 2013 abbildet, zeigt der hier angegebene HRI_{1cs} die relative Entwicklung der gewichteten hochgerechneten Menge an ausgebrachten chemisch-synthetischen Wirkstoffen mit Bezugszeitraum 2014 bis 2018. Stoffe aus der Gruppe 1 werden nicht betrachtet, da diese i.d.R. natürlichen Ursprungs sind und nicht in die Kategorie chemisch-synthetischer Pflanzenschutzmittel fallen.

Erwartungsgemäß geht bei der Wirkstoffmenge der Einsatz von Wirkstoffen aus der Gruppe 4 (= nicht (mehr) genehmigte Wirkstoffe) auf nahezu null zurück (Tab. 10). Im Jahr 2023 machten Substitutionskandidaten (Gruppe 3) mit rund 517 t und die im Vergleich dazu weniger problematischen sonstigen Wirkstoffe (Gruppe 2) mit rund 2.281 t etwa 18 % bzw. 82 % der gesamten chemisch-synthetischen Wirkstoffmenge aus. Dabei machten 2023 die Herbizide Pendimethalin (123 t), Flufenacet (109 t), Chlortoluron (64 t), Diflufenican (36 t) und das Fungizid Tebuconazol (58 t) den Großteil der Wirkstoffe in der Gruppe 3 aus.

Tab. 10: Hochgerechnete Menge der von 2014 bis 2023 eingesetzten chemisch-synthetischen Wirkstoffe in t nach Risikogruppen

Gruppe	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Gruppe 4 (Wirkstoffe ohne Genehmigung)	466	733	733	772	630	603	395	170	13	< 0,5
Gruppe 3 (Substitutionskandidaten)	312	376	469	482	311	322	411	448	448	517
Gruppe 2 (Sonstige Wirkstoffe)	2.536	2.238	2.488	2.173	1.915	1.969	1.980	2.266	2.239	2.281
Gesamt	3.314	3.347	3.690	3.427	2.856	2.894	2.786	2.884	2.699	2.797

Für die Berechnung des HRI 1_{cs} erfolgte die Gewichtung der einzelnen Wirkstoffmengen auf Grundlage der Einstufung der Stoffe nach Verordnung (EG) Nr. 1107/2009. Basierend auf dieser Einstufung wurden die jährlich eingesetzten Wirkstoffmengen mit einem Faktor von 8 (Gruppe 2), 16 (Gruppe 3) bzw. 64 (Gruppe 4) multipliziert. Das Mittel der Jahre 2014 bis 2018 wurde auf 100 festgelegt.

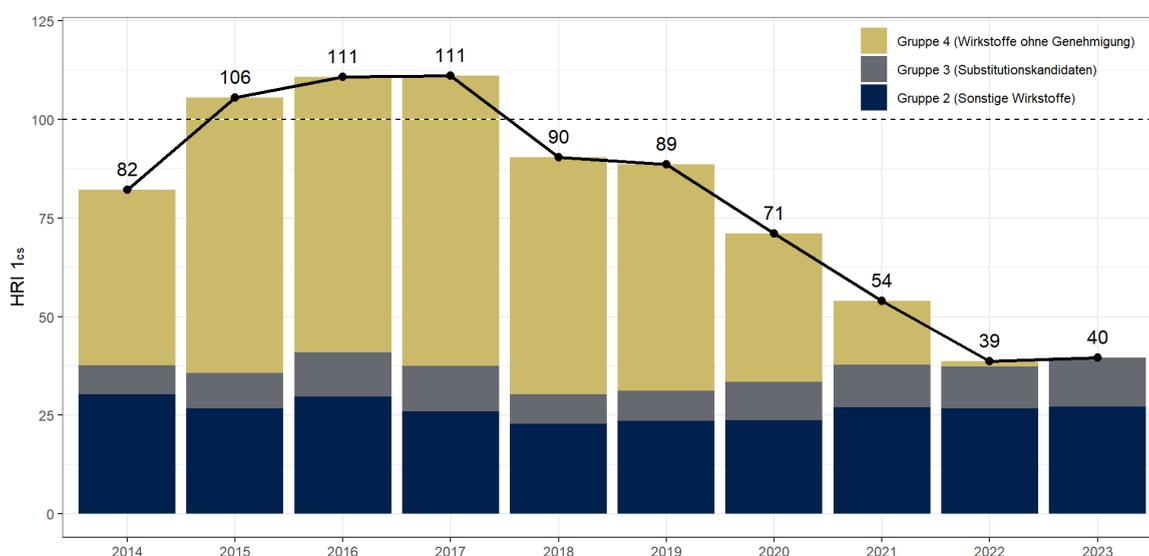


Abb. 48: HRI 1_{cs} nach Wirkstoffgruppen von 2014 bis 2023 (Mittel der Jahre 2014 bis 2018 = 100)

Der HRI 1_{cs} nahm von 2017 bis 2022 (-61 %) ab und lag im Jahr 2023 um rund 60 % unter dem Wert des Referenzzeitraums 2014 bis 2018 (Abb. 48). Während die Mengen genehmigter Wirkstoffe mit den niedrigeren Faktoren multipliziert werden, werden die Mengen aller nicht (mehr) genehmigten Wirkstoffe mit dem Faktor 64 multipliziert. Entsprechend verringert sich der HRI 1_{cs} deutlich, wenn zuvor in großen Mengen eingesetzte Wirkstoffe nicht mehr verwendet werden. Dieser Effekt war z. B. bei den Wirkstoffen Chlorthalonil und Isoproturon zu beobachten, welche vorwiegend im Getreide eingesetzt wurden. Dementsprechend ist ein deutlicher Rückgang beim Anteil am HRI 1_{cs} seit 2017 bei den Getreidekulturen zu sehen.

Die geringsten Anteile am HRI 1_{cs} haben der Apfel- und Weinbau, was auf die im Vergleich geringe Anbaufläche dieser Kulturen zurückzuführen ist. Dennoch werden diese Kulturen am häufigsten mit chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln behandelt. Herbizide

hatten 2023 mit deutlichem Abstand vor den Fungiziden den größten Anteil am HRI I_{cs} bei den Substitutionskandidaten und bei den sonstigen Wirkstoffen (Tab. 11).

Tab. 11: HRI I_{cs} von 2014 bis 2023 nach Wirkstoffgruppen und Wirkungsbereichen (Mittel der Jahre 2014 bis 2018 = 100)

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Wirkstoffe ohne Genehmigung										
Herbizide	13,7	17,6	12,9	12,1	5,5	5,0	3,3	0,4	0,1	< 0,05
Fungizide	29,4	50,7	55,0	60,1	53,0	51,2	33,6	15,6	1,1	< 0,05
Insektizide	1,3	1,6	2,0	1,4	1,7	1,3	0,7	0,3	< 0,05	< 0,05
Molluskizide	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Gesamt	44,4	69,9	69,9	73,6	60,1	57,5	37,6	16,2	1,2	0,0
Substitutionskandidaten										
Herbizide	4,2	5,9	6,4	7,8	4,9	5,8	7,6	8,1	8,1	9,6
Fungizide	3,0	2,9	4,6	3,5	2,3	1,7	2,0	2,4	2,3	2,5
Insektizide	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Wachstumsregler	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Gesamt	7,5	9,0	11,2	11,5	7,4	7,7	9,8	10,7	10,7	12,3
Sonstige Wirkstoffe										
Herbizide	20,4	17,1	18,1	15,7	14,8	15,2	15,1	16,0	15,1	14,9
Fungizide	6,6	6,0	7,7	6,5	4,8	5,4	6,1	8,4	8,6	9,6
Insektizide	< 0,05	< 0,05	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Wachstumsregler	3,1	3,3	3,7	3,6	3,0	2,9	2,2	2,5	2,7	2,5
Molluskizide	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
Gesamt	30,3	26,7	29,7	25,9	22,8	23,5	23,6	27,0	26,7	27,2
Gesamt	82,1	105,6	110,8	111,1	90,4	88,7	71,1	53,9	38,6	39,6

2.2 Wald

Der Klimawandel ist eine Mammutaufgabe für die Bewirtschaftung und den Erhalt unserer Wälder. Aufgabe des Waldschutzes ist es, den Wald als Lebens- und Wirtschaftsraum zu erhalten und Gefahren frühzeitig entgegenzuwirken. Dabei steht nicht der einzelne Baum oder Schadfaktor im Mittelpunkt, sondern die umfassende ganzheitliche Betrachtung des Waldbestandes. Es ist wichtig, die Ursachen für Schäden zu verstehen und vorbeugend zu verhindern. Die prognostizierte Klimaerwärmung wird in vielen Regionen Bayerns die Abwehrkraft von Bäumen und Waldbeständen schwächen (wobei es Unterschiede zwischen den Baumarten gibt); gleichzeitig werden wärmeliebende Insekten, sowohl einheimische als auch neue Arten aus wärmeren Regionen, und die Verbreitung von pilzlichen Schaderregern begünstigt.

Pflanzenmittelanwendungen im Wald umfassen vor allem die Ausbringung von Wildschadensverhütungsmitteln, deutlich seltener in Neukulturen die Bekämpfung forstschädlicher Mäuse mit Rodentiziden und Maßnahmen gegen den Großen Braunen Rüsselkäfer, Holzpolterbehandlungen gegen Borkenkäfer und in seltenen Fällen die Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln per Hubschrauber im Zusammenhang mit der Massenvermehrung phyllophager Insekten (z. B. Schwammspinner). Der Herbizideinsatz im Wald ist von sehr geringer Bedeutung. Die Anwendung von Fungiziden spielt keine Rolle.

In den Landeswäldern, die von den Bayerischen Staatsforsten bewirtschaftet werden, wurden seit 2016 keine Herbizide mehr angewendet. Rodentizide werden im Staatswald nur in seltenen Ausnahmefällen punktuell in sehr kleinen Mengen ausgebracht. Fungizide werden nicht ausgebracht. Den größten Anteil an den eingesetzten Mitteln im Staatswald bilden Mittel zur Verhütung von Wildschäden, die überwiegend gegen Wildverbiss an die jungen Bäume gestrichen werden. Diese nutzen meist vergleichsweise ungefährliche Wirkstoffe wie Schaffett, Quarzsand oder Blutmehl. Die Gruppe machte 2023 mengenmäßig im Staatswald den größten Anteil (72 %) aus. Sie zählen zu den Repellentien und Wildschadenverhütungsmitteln und sind keine chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln, die in diesem Bericht im Fokus stehen.

Ein ähnliches Bild ergibt sich aus Hochrechnungen von Pflanzenschutzmittelanwendungen mit Daten aus dem Privat- bzw. Körperschaftswald („Testbetriebsnetz Forst“ der Abteilung 7 „Wald und Gesellschaft“ der LWF). Auch hier hatten Repellentien und Wildschadenverhütungsmittel 2023 den größten Anteil bei der Wirkstoffmenge (Privatwald 99 %, Körperschaftswald 56 %).

Die Menge der chemisch-synthetischen insektiziden Wirkstoffe, die im Forstbereich eingesetzt werden, schwanken in Abhängigkeit vom Auftreten der Schadorganismen. Ihr Einsatz verstärkte sich merklich seit 2018 insbesondere aufgrund von Borkenkäferkalamitäten (Tab. 12).

Tab. 12: Mengen (t) an insektiziden Wirkstoffen (Bodenbehandlung) nach Schaderregern ausgebracht im Staatswald (ohne Saalforste in Österreich, ohne Baumschulen) und aus dem Testbetriebsnetz Forst hochgerechnet für den Privat- und Körperschaftswald

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Staatswald										
Borkenkäfer (Polterspritzung)	0,01	0,02	0,04	0,05	0,11	0,09	0,17	0,38	0,10	0,40
Rüsselkäfer	0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	0,01	< 0,01	0,01	< 0,01	0,02	0,01
Privat- und Körperschaftswald										
Borkenkäfer, Rüsselkäfer	0,02	0,02	0,02	0,02	0,10	0,11	0,07	0,02	0,04	0,12

Borkenkäfer gehören zur natürlichen Artenausstattung unserer Nadelwälder. Unter bestimmten Umständen neigen vor allem Fichtenborkenkäfer zu Massenvermehrungen, die ohne ausreichende Waldschutzmaßnahmen zu gravierenden wirtschaftlichen und landeskulturellen Schäden führen können. Daher muss befallenes bzw. bruttaugliches Material zeitgerecht aus den Wäldern entfernt werden. Wenn es zu Engpässen bei der Holzaufarbeitung oder der Rundholzlogistik kommt, keine Lagerplätze in einem ausreichenden Abstand zum Wald zur Verfügung stehen und alle nicht-chemischen Verfahren gegen Borkenkäfer ausgeschöpft sind, können für die Borkenkäferbekämpfung zugelassene Insektizide zu einer Behandlung der Holzpolter als letztes Mittel der Wahl eingesetzt werden.

Der Große Braune Rüsselkäfer zählt zu den gefährlichsten Schädlingen in Forstkulturen [27]. Er tritt aufgrund seiner Lebensweise vor allem auf Kahlflächen auf und kann in neubegründeten Nadelholzkulturen gravierende Schäden verursachen, insbesondere bei nadelholzreicher Vorbestockung. Neben präventiven waldbaulichen Mitteln stehen bei der Rüsselkäferbekämpfung mechanische und als letztes Mittel der Wahl auch chemische Maßnahmen zur Verfügung.

Blatt- und nadelfressende Schmetterlingsraupen können zum Kahlfraß ganzer Wälder führen. Je nach Fraßzeitpunkt, Fraßintensität, Baumart, Zusammentreffen verschiedener Schadorganismen und der Abfolge von Kahlfraßereignissen kann dies zum Absterben von Bäumen führen. Daher werden Arten wie beispielsweise die Nonne (*Lymantria monacha*) oder der Schwammspinner (*Lymantria dispar*) mit einem mehrstufigen Monitoring überwacht, um ggf. Prognoserechnungen durchzuführen und Behandlungsoptionen auszuarbeiten und zu diskutieren. Als letztes Mittel der Wahl könnte eine Pflanzenschutzmittelbehandlung des Kronendachs aus der Luft angezeigt sein [28].

In Bayern erfolgten im Zeitraum zwischen 2014 und 2023 Behandlungen aus der Luft lediglich gegen den Schwammspinner (2018, 2019, 2020) und punktuell gegen den Eichenprozessionsspinner (2019, 2020) mit dem Wirkstoff Tebufenozid, nachdem ein zu erwartender Kahlfraß und eine damit verbundene existenzielle Gefährdung der Waldbestände prognostiziert worden waren. In den übrigen Jahren wurde keine Massenvermehrung prognostiziert und somit erfolgten auch keine Behandlungen (Tab. 13).

Tab. 13: Pflanzenschutzmittelanwendungen gegen Schwammspinner mit Luftfahrzeugen: behandelte Flächen im Forstbereich sowie Gesamtwirkstoff- und Wirkstoffaufwandmengen von 2014 bis 2023 (inkl. Staatswald [28])

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Behandelte Flächen (ha)	0	0	0	0	1.057	1.798	2.782	0	0	0
Wirkstoffaufwandmenge (kg/ha)	0	0	0	0	0,18	0,18	0,18	0	0	0
Gesamtwirkstoffmenge (t)	0	0	0	0	0,19	0,32	0,50	0	0	0

Im Mittel der Jahre 2014 bis 2018 (Referenzzeitraum) lag die Menge an ausgebrachten chemisch-synthetischen Wirkstoffen auf der Waldfläche, die in Bayern über Luftfahrzeuge gegen den Schwammspinner behandelt wurde, bei 0,04 t pro Jahr. Im Staats-, Privat- und Körperschaftswald wurden im Referenzzeitraum zusätzlich vom Boden aus im Schnitt rund 0,09 t pro Jahr chemisch-synthetische Wirkstoffe ausgebracht. Zuletzt (2023) wurden rund 0,5 t Insektizide im Forstbereich appliziert (Abb. 49).

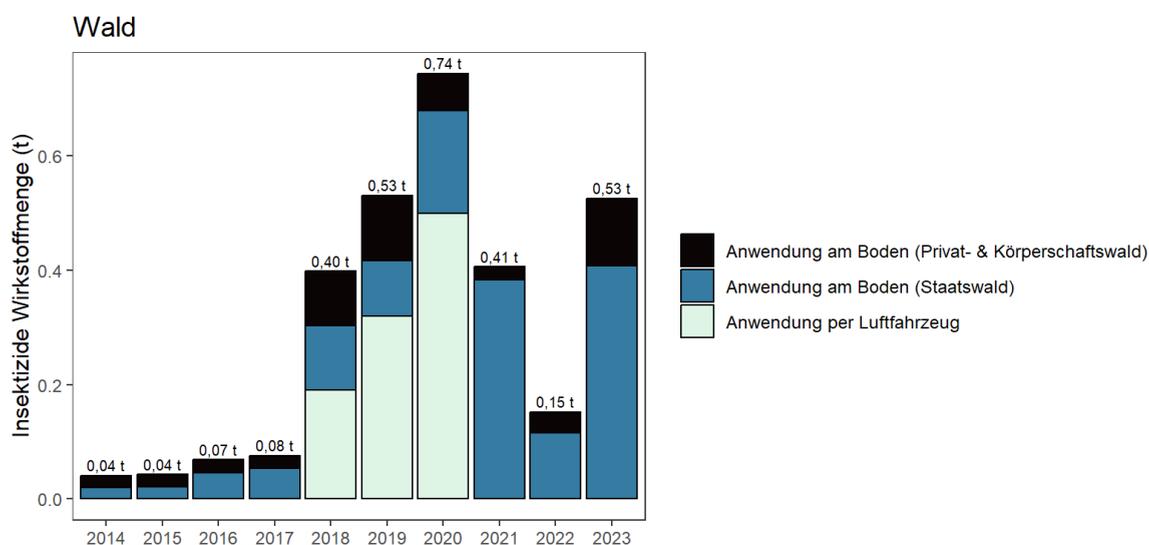


Abb. 49: Mengen an insektiziden Wirkstoffen, die von 2014 bis 2023 im Staatswald, im Privat- und Körperschaftswald (Hochrechnung) sowie zusätzlich über Luftfahrzeuge ausgebracht wurden.

2.3 Freizeitgartenbau

In privaten Haus- und Kleingärten (HuK) dürfen ohne Sachkundenachweis nur Pflanzenschutzmittel angewendet werden, die den Aufdruck "Anwendung durch nicht-berufliche Anwender zulässig" tragen. Für „berufliche Anwender“ zugelassene Pflanzenschutzmittel dürfen im HuK-Bereich nur eingesetzt werden, wenn das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) die Eignung zur Anwendung im HuK festgestellt hat und der Anwender sachkundig ist. Über die Eignung für nicht-berufliche Anwender entscheidet das BVL bei der Zulassung. Daten zum Einsatz von Pflanzenschutzmitteln im HuK-Bereich durch nicht-berufliche Anwender liegen nur sehr begrenzt vor und entsprechende Studien wären daher von großem Interesse. Für diesen Bericht wurde die Schätzung der applizierten Pflanzenschutzmittelwirkstoffmenge basierend auf bundesweiten Absatzzahlen vorgenommen.

Zahlen zum Absatz von Pflanzenschutzmittelwirkstoffen im HuK-Bereich liegen nur auf Bundesebene vor und werden jährlich vom BVL veröffentlicht⁸. Tab. 14 gibt einen Überblick über die in Deutschland abgesetzten Wirkstoffmengen zusammengefasst nach Wirkungsbereichen im Zeitraum von 2014 bis 2023.

Tab. 14: Wirkstoffmengen in t, die von 2014 bis 2023 bundesweit im Inland für die nicht-berufliche Verwendung abgegeben wurden, nach Wirkungsbereichen (Quelle: Berichte des BVL zum Absatz an Pflanzenschutzmitteln in der Bundesrepublik Deutschland für die Jahre von 2014 bis 2023)

Wirkungsbereich	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Herbizide (einschl. Safener)	252	385	446	432	332	266	284	350	346	288
Fungizide	11	16	45	4	3	7	5	5	2	5
Insektizide, Akarizide und Synergisten	23	24	29	22	24	25	31	23	25	30
Sonstige Wirkstoffe	86	89	75	94	82	87	79	84	91	78
Insgesamt	372	514	595	552	441	385	399	462	464	401

Im Zeitraum von 2014 bis 2023 betrug der Anteil der im Inland abgesetzten Wirkstoffe im HuK-Bereich durchschnittlich 1,5 % der gesamten Absatzmenge an Wirkstoffen (ohne inerte Gase). Herbizide machten im HuK-Bereich im Mittel der Jahre von 2014 bis 2023 knapp drei Viertel der abgesetzten Wirkstoffmenge aus (Tab. 14), wobei Glyphosat, Pelargonsäure, Maleinsäurehydrazid und Eisen-II-sulfat den größten Anteil an den herbiziden Wirkstoffen hatten. Der Anteil der rein chemisch-synthetischen Wirkstoffgruppen (= Wirkstoffgruppen ohne Wirkstoffe auf pflanzlicher oder mikrobieller Basis, ohne anorganische Fungizide, ohne Molluskizide, ohne sonstige Insektizide, ohne übrige sonstige Wirkstoffe) an der Gesamtwirkstoffmenge im HuK-Bereich bewegte sich im betrachteten Zeitraum zwischen 73 % (2014) und 85 % (2016).

Der Anteil der Wirkstoffmenge, der in den bayerischen HuK von nicht-beruflichen Anwendern appliziert wurde, wurde anteilmäßig über die Fläche geschätzt: In Bayern beträgt die Fläche der privaten Hausgärten ca. 135.000 ha [5] und die Fläche der privaten Gärten und Kleingärten ca. 7.800 ha [29]. Auf Bundes- und Länderebene liegen Daten zur

⁸ www.bvl.bund.de/psmstatistiken

Fläche der privaten Haus- und Kleingärten nur begrenzt vor. In den Zahlen zur Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung [30], die vom Statistischen Bundesamt veröffentlicht werden, werden die privaten Kleingärten und ihre Fläche nicht extra ausgewiesen und sind in der Nutzungsart „Grünanlagen“ enthalten. Die Hausgärten (inkl. Vor- und Ziergärten) sind in den Nutzungsarten „Wohnbaufläche“ und „Fläche gemischter Nutzung“ enthalten. Der Anteil der HuK-Fläche Bayerns an der HuK-Fläche ganz Deutschlands wurde dementsprechend basierend auf den Zahlen zur Fläche der genannten Nutzungsarten im Zeitraum 2016 bis 2021 auf rund 17 % geschätzt.

Unter der Annahme, dass die applizierte Menge in Bayern etwa 17 % der bundesweit jährlich abgesetzten Menge ausmacht, wurden in Bayern in den HuK zwischen 46 t (2014) und 86 t (2016) an Wirkstoffen aus den rein chemisch-synthetischen Wirkstoffgruppen pro Jahr ausgebracht (Abb. 50). Im Mittel der Jahre von 2014 bis 2018 wurden demnach mindestens 67 t chemisch-synthetische Wirkstoffe pro Jahr appliziert. Für das Jahr 2023 wurde ein Wert von 51 t ermittelt.

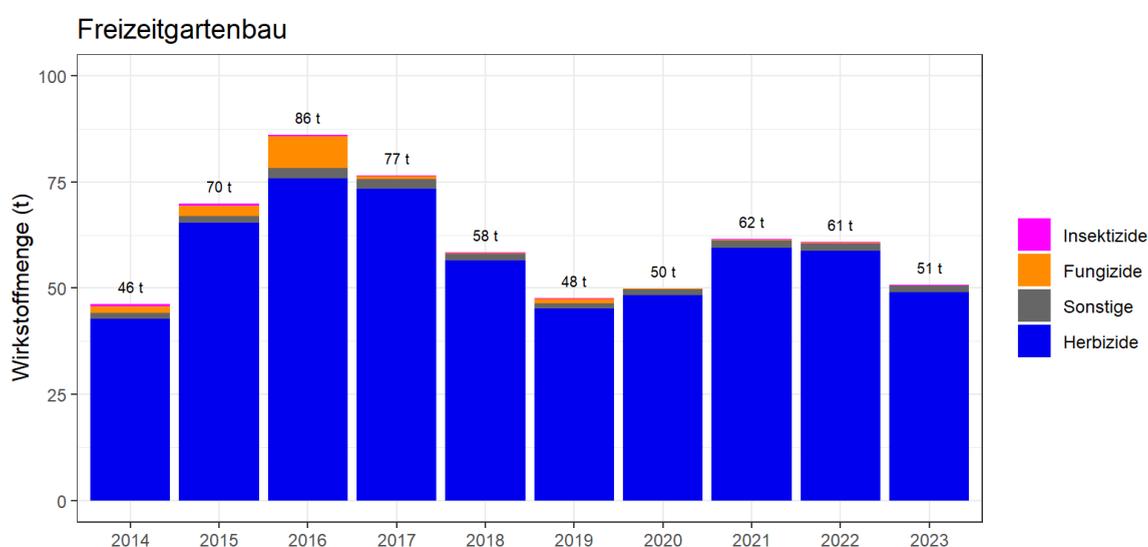


Abb. 50: Schätzung der eingesetzten Menge an chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmittelwirkstoffen durch nicht-berufliche Anwender im Haus- und Kleingartenbereich in Bayern von 2014 bis 2023; Herbizide einschließlich Safener, Insektizide einschließlich Akarizide und Synergisten.

Auffallend ist der hohe Anteil der Herbizide, der je nach Jahr 88 % bis 97 % der Gesamtmenge chemisch-synthetischer Wirkstoffe ausmachte. Das Gesetz zum Schutz der Kulturpflanzen (Pflanzenschutzgesetz, PflSchG) schreibt in Deutschland vor, wo Pflanzenschutzmittel eingesetzt werden dürfen. Demnach dürfen nach § 12 Abs. 2 PflSchG Pflanzenschutzmittel nicht auf befestigten Freilandflächen und nicht auf sonstigen Freilandflächen ausgebracht werden, die weder landwirtschaftlich noch forstwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzt werden. Gärtnerisch genutzt werden auch Haus- und Kleingärten, nicht jedoch Wege, Terrassen, Hauseinfahrten, Stellplätze, Böschungen oder sonstige befestigte und unbefestigte Freilandflächen. Wer Pflanzenschutzmittel in seinem Garten

anwenden will, muss sich an die Bestimmungen des Pflanzenschutzgesetzes halten. Die Gebrauchsanleitung enthält die Anwendungsvorschriften, die zu befolgen sind.

2.4 Flächen für die Allgemeinheit

Zu Flächen, die für die Allgemeinheit bestimmt sind, zählen unter anderem öffentliche Parks und Gärten, öffentlich zugängliche Sport- und Freizeitplätze einschließlich Golfplätze, Schul- und Kindergartengelände, Spielplätze, und Friedhöfe⁹. Ohne Schul- und Kindergartengelände nehmen die angeführten Bereiche eine Fläche von etwa 60.670 ha [31] ein, dies entspricht 0,9 % der Gesamtfläche Bayerns.

Durch Artikel 12 Buchst. a der EU-Richtlinie 2009/128/EG wird vorgegeben, in Gebieten, die von der Allgemeinheit oder von gefährdeten Personengruppen¹⁰ genutzt werden, die Verwendung von Pflanzenschutzmitteln so weit wie möglich zu minimieren oder zu verbieten. Deutschland hat diese Vorgabe im Pflanzenschutzgesetz umgesetzt und festgelegt, dass auf Flächen der Allgemeinheit nur solche Pflanzenschutzmittel angewendet werden dürfen, die als Pflanzenschutzmittel mit geringem Risiko zugelassen sind¹¹ oder durch das BVL (1) im Rahmen eines Zulassungsverfahrens die Eignung des Mittels für diese Flächen festgestellt worden ist bzw. (2) auf Antrag eine Genehmigung für ein bereits zugelassenes Mittel erteilt wurde. Laut BVL¹² (mit Stand April 2025) sind in Deutschland 74 Pflanzenschutzmittel (ohne Vertriebsweiterungen) zur Anwendung auf Flächen, die für die Allgemeinheit bestimmt sind, zugelassen. Davon sind 30 für die Anwendung im ökologischen Landbau zugelassen. Den überwiegenden Anteil der Mittel haben Fungizide (35 %) und Herbizide (23 %) gefolgt von Insektiziden (20 %) und Molluskiziden (14 %). Die am häufigsten in den Formulierungen eingesetzten Wirkstoffe sind Eisen-(III)-phosphat und Dicamba.

Der tatsächliche Behandlungsumfang lässt sich nur schwer abschätzen, da der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln im öffentlichen Grün nicht zentral erfasst wird. Jedoch versuchen die Kommunen bereits heute den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln zu reduzieren, wie beispielsweise das vom Bund für Umwelt- und Naturschutz (BUND) getragene Projekt „Pestizidfreie Kommune“ zeigt. Bisher haben sich rund 550 Städte und Gemeinden in Deutschland verpflichtet ihre kommunalen Flächen ohne den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln bzw. ohne Mittel mit dem Wirkstoff Glyphosat zu bewirtschaften [32]. Nach Angaben des BUND nehmen in Bayern rund 60 Gemeinden an dem Projekt teil. Diese Beobachtung bestätigt auch eine Umfrage aus dem Jahr 2013, die von der Landesgruppe Bayern in der Deutschen Gartenamtsleiterkonferenz, einem Zusammenschluss der kommunalen Grünflächenverwaltungen, durchgeführt wurde. Lediglich in einer von sechs Gemeinden wurden Pflanzenschutzmittel im öffentlichen Raum eingesetzt. Dieser Trend dürfte sich in den letzten Jahren verstärkt haben.

⁹ Gemäß § 17 Absatz 1 PflSchG.

¹⁰ Gemäß Artikel 3 Punkt 14 der Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 sind gefährdete Personengruppen wie folgt definiert: „Personen, die bei der Bewertung akuter und chronischer Gesundheitsauswirkungen von Pflanzenschutzmitteln besonders zu berücksichtigen sind. Dazu zählen schwangere und stillende Frauen, Kinder im Mutterleib, Säuglinge, Kinder, ältere Menschen, sowie Arbeitnehmer und Anrainer, die über einen längeren Zeitraum einer hohen Pestizidbelastung ausgesetzt sind.“

¹¹ Gemäß Artikel 47 der Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 über das Inverkehrbringen von PSM.

¹² www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/04_Pflanzenschutzmittel/Flaechen_Allgemeinheit.html

2.5 Nichtkulturland

Pflanzenschutzmittel dürfen nach § 12 Abs. 2 PflSchG nicht auf befestigten Freilandflächen und nicht auf sonstigen Freilandflächen ausgebracht werden, die weder landwirtschaftlich noch forstwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzt werden. Jedoch kann die zuständige Behörde Ausnahmen für die Anwendung zugelassener Pflanzenschutzmittel genehmigen, wenn der angestrebte Zweck vordringlich ist und mit zumutbarem Aufwand auf andere Art nicht erzielt werden kann und überwiegende öffentliche Interessen, insbesondere des Schutzes der Gesundheit von Mensch und Tier oder des Naturhaushaltes, nicht entgegenstehen.

Ein wesentlicher Grundsatz für eine Ausnahmegenehmigung ist, dass bei der Prüfung der Voraussetzungen für eine Genehmigung ein strenger Maßstab anzulegen ist und die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln auf das unbedingt notwendige Maß beschränkt werden muss. Ein "vordringlicher Zweck" für eine Behandlung setzt besonders gewichtige öffentliche oder private Interessen voraus. Solche sind dann anzunehmen, wenn dadurch Gefahren für die Bevölkerung oder für erhebliche Sachwerte abgewendet werden sollen, z. B. eine mangelnde Verkehrs- und Betriebssicherheit oder eine Beeinträchtigung des Korrosions-, Brand- oder Explosionsschutzes baulicher Anlagen oder gelagerter Materialien. Es ist zu prüfen, ob der angestrebte Zweck mit "zumutbarem Aufwand" ohne chemische Behandlung erreicht werden kann. "Öffentliche Interessen", die einer Genehmigung entgegenstehen, sind der Schutz der Bevölkerung, der natürlichen Lebensgrundlagen Boden und Wasser sowie der Tier- und Pflanzenwelt vor einer Gefährdung durch Pflanzenschutzmittel. Was überwiegt, ist im Einzelfall festzustellen. Die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln darf die Beschaffenheit von Gewässern nicht nachteilig verändern. Grundwasser darf nicht beeinträchtigt werden. In ausgewiesenen Schutzgebieten, z. B. Wasser- oder Naturschutzschutzgebieten, wird in der Regel keine Anwendung möglich sein [33].

Das zuständige Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten mit Sachgebiet Landnutzung muss im Einzelfall prüfen, ob die Bedingungen für die Genehmigung einer Pflanzenschutzanwendung gegeben sind. Dabei sind berechnete Belange der Wasserwirtschaft und des Naturschutzes, sofern dies im Einzelfall angezeigt ist, zu berücksichtigen [33]. Ausnahmegenehmigungen für kommunale Nichtkulturlandflächen werden grundsätzlich nicht mehr erteilt. Sofern Ausnahmegenehmigungen erteilt werden, handelt es sich um sicherheitsrelevante Bereiche (z. B. flächenmäßig begrenzte, explosionsgefährdete Bereiche bei Kläranlagen, Gleiskörper im Schienenverkehr).

Tab. 15: Anzahl an Ausnahmegenehmigungen nach § 12 Abs. 2 PflSchG im Zeitraum von 2014 bis 2023 nach Flächenkategorien

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Verkehrsflächen, Wege und Plätze (Maßnahmen zur Verkehrssicherung)	48	88	37	1	13	8	1	4	1	1
Bahnhöfe, Gleisanlagen, sonstige Infrastrukturobjekte schienengebundenen Verkehrs	24	40	36	46	78	85	92	83	92	89
Umspannwerke, Strommasten oder -leitungen	3	2	1	3	6	3	3	3	1	1
Industrie- und Gewerbeflächen	7	19	10	11	17	22	20	13	11	7
Bekämpfung invasiver Arten	0	8	1	0	0	0	0	0	0	0
Rebböschungen (Bekämpfung von verwilderten Reben)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sonstige Flächen	20	19	16	9	21	9	8	5	4	5

Die Mehrheit der erteilten Ausnahmegenehmigungen betrifft die Anwendung von Herbiziden auf Bahnhöfen, Gleisanlagen, und sonstigen Infrastrukturobjekten schienengebundenen Verkehrs (Tab. 15). Seit 2017 werden Ausnahmegenehmigungen anstatt wie davor oft für die Dauer von drei Jahren nur noch für maximal ein Jahr Gültigkeitsdauer erteilt.

Gleisanlagen der Deutschen Bahn AG

Die Deutsche Bahn ist verantwortlich für die Bahngleise in Deutschland, die derzeit eine Länge von etwa 61.000 km haben. Um einen sicheren Bahnbetrieb zu gewährleisten, werden auf den Gleisanlagen Herbizide ausgebracht. Das Eisenbahnbundesamt kann unter Beteiligung der Landesbehörden Ausnahmegenehmigungen für Pflanzenschutzanwendungen auf den Gleisanlagen nach § 12 Abs. 2 PflSchG erteilen. Eine Genehmigung setzt voraus, dass der angestrebte Zweck vordringlich ist, mit zumutbarem Aufwand auf andere Weise nicht erzielt werden kann und überwiegende öffentliche Interessen, insbesondere der Schutz von Menschen und Tieren oder des Naturhaushaltes, nicht entgegenstehen [34]. Die Deutsche Bahn berichtet jährlich den Behandlungsumfang, die eingesetzte Gesamtwirkstoffmenge und die Wirkstoffaufwandmenge pro Gleiskilometer über alle eingesetzten Herbizide auf den Gleisanlagen [35]. Die Gleislänge in Bayern betrug von 2014 bis 2023 nach Aussage der Deutschen Bahn 10.500 km. Die Zahlen für Bayern wurden anteilmäßig geschätzt (Tab. 16). Im Mittel der Jahre von 2014 bis 2018 wurden demnach 12,3 t chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittelwirkstoffe (Flazasulfuron, Flumioxazin, Glyphosat) pro Jahr auf den Gleisanlagen der Deutschen Bahn in Bayern ausgebracht. Ab dem Jahr 2020 war eine deutliche Reduktion im Vergleich zum fünfjährigen Mittel zu verzeichnen, die maßgeblich auf eine Reduktion der behandelten Gleiskilometer zurückzuführen ist. Im Jahr 2023 wurden rund 3,6 t Wirkstoffe (Flazasulfuron, Pelargonsäure) ausgebracht und erstmals seit 2014 wurde dabei weder Glyphosat noch Flumioxazin eingesetzt.

Tab. 16: Behandlungsumfang der Gleisanlagen, Wirkstoffaufwandmengen sowie Gleislängen, behandelte Gleislängen und eingesetzte Wirkstoffmengen für Deutschland und Bayern von 2014 bis 2023 (Quelle: Integrierte Berichte der DB 2014-2023)

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Behandlungsumfang (%)	94 %	94 %	93 %	93 %	92 %	90 %	4 %	16 %	19 %	14 %
Wirkstoffaufwand (kg/km)	1,41	1,44	1,24	1,20	1,00	0,90	0,50	0,50	0,60	2,46
<i>Deutschland</i>										
Gleislänge (km)	60.500	60.500	60.500	60.500	61.000	61.000	61.000	61.000	61.000	61.000
Behandelte Gleislänge (km)	57.500	57.500	56.265	56.265	56.120	54.900	2.440	9.760	11.590	8.540
Gesamtwirkstoffmenge (t)	80,9	83,0	70,0	67,0	56,0	50,0	1,3	4,9	7,3	21,4
<i>Bayern</i>										
Gleislänge Bayern (km)	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500
Behandelte Gleislänge (km)	9.917	9.870	9.765	9.765	9.660	9.450	420	1.680	1.995	1.470
Gesamtwirkstoffmenge (t)	14,0	14,2	12,1	11,7	9,7	8,5	0,2	0,8	1,2	3,6

2.6 Zusammenfassende Betrachtung über Anwendungsbereiche

Die Landwirtschaftliche Fläche in Bayern macht mit 3,1 Mio. ha rund 46 % der Gebietsfläche aus. Auf Grünland werden keine Pflanzenschutzmittel flächenmäßig eingesetzt. Chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel werden stattdessen maßgeblich auf Ackerland in Acker- und Dauerkulturen verwendet. Die Referenzkulturen Mais, Winterweizen, Winter- und Sommergerste, Winterraps, Zuckerrüben, Kartoffeln, Apfel, Weinreben und Hopfen decken rund 82 % der konventionell bewirtschafteten Fläche mit Status Ackerland oder Dauerkultur ab und sind besonders relevant für den Einsatz von chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln. Die Wälder Bayerns nehmen mit 2,6 Mio. ha rund ein Drittel der Gebietsfläche ein. Die Fläche des Freizeitgartenbaus beträgt etwa 135.000 ha und der Gleisbereich in Bayern nimmt rund 6.000 ha ein. Chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel kommen in allen genannten Bereichen zur Anwendung (Tab. 17).

Der Einsatzumfang unterliegt dabei jährlichen Schwankungen, die unterschiedliche Ursachen haben (z. B. Witterung, Krankheitsdruck, Verfügbarkeit wirksamer Pflanzenschutzmittel, Wirtschaftlichkeit).

Wirkstoffmenge

Aus den vorliegenden Zahlen ergibt sich bei der Wirkstoffmenge eine Basislinie für den Referenzzeitraum 2014 bis 2018 von 3.407 t an eingesetzten chemisch-synthetischen Wirkstoffen und ein Rückgang bis 2023 auf 2.852 t (-18 %). Dabei nahm die in den Referenzkulturen eingesetzte Wirkstoffmenge 2023 rund 98 % ein, gefolgt vom Freizeitgartenbau (1,8 %), von den Gleisanlagen der Deutschen Bahn (0,1 %) und vom Wald (< 0,05 %).

Tab. 17: Geschätzte Mengen an ausgebrachten chemisch-synthetischen Wirkstoffen in Bayern von 2014 bis 2023 in t in den Pflanzenschutz-Referenzkulturen der Landwirtschaft, im Freizeitgartenbau, auf Gleisanlagen der Deutschen Bahn, im Wald und insgesamt

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Landwirtschaft (Referenzkulturen) ¹	3.314	3.347	3.690	3.427	2.856	2.894	2.786	2.884	2.699	2.797
Freizeitgartenbau ²	46	70	86	77	58	48	50	62	61	51
Deutsche Bahn ³	14,0	14,2	12,1	11,7	9,7	8,5	0,2	0,8	1,2	3,6
Wald ⁴	0,04	0,04	0,1	0,1	0,4	0,5	0,7	0,4	0,2	0,5
Gesamt	3.374	3.431	3.788	3.515	2.924	2.950	2.837	2.947	2.762	2.852

¹ Hochrechnung für Mais, Winterweizen, Winter- und Sommergerste, Winterraps, Zuckerrüben, Kartoffeln, Apfel, Weinreben, Hopfen

² Anteilsmäßige Schätzung aus bundesweiten Absatzzahlen

³ Anteilsmäßige Schätzung aus bundesweiten Anwendungsmengen

⁴ Staatswald, Körperschaftswald (Hochrechnung), Waldflächen mit Pflanzenschutzmitteleinsatz über Luftfahrzeuge

Risikobewertung

Bei der Bewertung des Risikos, das von Pflanzenschutzmitteln ausgeht, hat der landwirtschaftliche Anwendungsbereich aufgrund seines Anteils an der Gesamtwirkstoffmenge die größte Bedeutung. Die im PSM-Messnetzwerk für die Referenzkulturen ermittelten Mengen an Wirkstoffen und Präparaten erlauben die Risikobewertung mittels PLI_{cs} und mittels $HRI\ 1_{cs}$. Bei beiden Indikatoren ist im Vergleich zum Referenzzeitraum ein Rückgang zu verzeichnen (Tab. 18).

Tab. 18: Ermittelte Werte für den PLI_{cs} insgesamt und den $HRI\ 1_{cs}$ von 2014 bis 2023 basierend auf den Hochrechnungsdaten aus dem PSM-Messnetzwerk für die Referenzkulturen¹

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PLI_{cs} insgesamt	20,32	27,09	32,52	33,89	32,91	23,50	18,64	9,85	9,64	8,45
$HRI\ 1_{cs}$	82,1	105,6	110,8	111,1	90,4	88,7	71,1	53,9	38,6	39,6

¹ Mais, Winterweizen, Winter- und Sommergerste, Winterraps, Zuckerrüben, Kartoffeln, Apfel, Weinreben, Hopfen

Insgesamt ist beim PLI_{cs} über die Teilbereiche Ökotoxizität, Umweltverhalten und Anwendergesundheit hinweg im Vergleich zum Referenzzeitraum (2014-2018, Basislinie bei 29,4) ein Rückgang bis 2023 um 71 % zu verzeichnen (PLI_{cs} bei 8,5). Der Rückgang in den einzelnen Teilbereichen fällt dabei unterschiedlich hoch aus (Abb. 47).

Der $HRI\ 1_{cs}$ nahm von 2017 bis 2022 (-61 %) ab und lag im Jahr 2023 mit 39,6 um rund 60 % unter dem Wert des Referenzzeitraums 2014 bis 2018 (Basislinie bei 100) (Abb. 48). Im Jahr 2023 war der Wert des $HRI\ 1_{cs}$ etwa zu einem Drittel auf Substitutionskandidaten und zu zwei Dritteln auf sonstige genehmigte Wirkstoffe zurückzuführen.

Fazit

Die Reduzierung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes muss als gesamtgesellschaftliches Ziel gesehen werden, zu dem alle Anwendungsbereiche einen Beitrag zu leisten haben. Aus den Zahlen wird ersichtlich, dass Maßnahmen zur Einsparung von Pflanzenschutzmitteln in der Landwirtschaft das größte Einsparpotenzial besitzen. Dabei sollte das Ziel sein, das mit dem Einsatz von Pflanzenschutzmitteln einhergehende Risiko für Mensch und Umwelt zu minimieren, ohne die Notwendigkeit der Erzeugung von Lebens- und Futtermitteln und von nachwachsenden Rohstoffen aus den Augen zu verlieren.

3 Maßnahmen zur Einsparung von chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln

Der Schutz der Kulturpflanzen ist eng verknüpft mit der Schonung der Umwelt, der Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen und der Biodiversität sowie dem Schutz des Verbrauchers und der Anwender. Insbesondere gilt es, Gefahren abzuwenden, die sich durch die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln für die Gesundheit von Mensch und Tier, das Grundwasser und den Naturhaushalt ergeben können. Hierzu bedarf es der kontinuierlichen Bereitstellung von stets aktuellen Entscheidungs- und Beratungsgrundlagen. So stellt die Aufklärung der vielfältigen Wechselbeziehungen zwischen Schaderreger, Kulturpflanze, Standort und Witterung die Grundlage zur Lösung der Pflanzenschutzprobleme im konventionell wie im ökologisch wirtschaftenden Betrieb dar. Neue Forschungsergebnisse müssen ebenso wie neue Erkenntnisse und Vorschriften im Pflanzenschutz schnell in die Praxis gelangen.

Das Ziel einer 50 %-Reduzierung des Einsatzes chemisch-synthetischer Pflanzenschutzmittel ist eine gemeinschaftliche Aufgabe, die alle gesellschaftlichen Gruppierungen betrifft. Daher sind alle relevanten Bereiche, in denen Pflanzenschutzmittel eingesetzt werden, einzubeziehen. Neben dem Freizeitgartenbau, der Bahn, Staat und Kommunen stehen insbesondere die Landwirtschaft, der Gartenbau und der Weinbau schon aufgrund des Umfangs ihrer Flächennutzung vor besonderen Herausforderungen. Die Staatsregierung unterstützt den Umsetzungsprozess mit einem ganzen Maßnahmenbündel in den Bereichen Wissenstransfer, Forschung und Förderung.

3.1 Wissenstransfer

Integrierter Pflanzenschutz

Das Konzept des integrierten Pflanzenschutzes ist ein zentrales Element in der Aus- und Fortbildung und in der Fachberatung. Die Umsetzung der darin verankerten allgemeinen Grundsätze trägt wesentlich dazu bei, den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln auf ein notwendiges Minimum zu reduzieren.

Geeignete Anbautechniken (z.B. Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Düngung, Feldhygiene, Förderung von Nützlingen) und der Anbau resistenter Sorten minimieren etwa das Auftreten von Schädlingen und Krankheiten. So werden entsprechende Pflanzenschutzanwendungen von vornherein vermieden (Grundsatz der Vorbeugung und/oder Bekämpfung von Schadorganismen mittels pflanzenbaulicher Maßnahmen).

Die Beachtung der Krankheits- bzw. Schädlingsentwicklung in Monitoringprogrammen, die Nutzung von Prognosemodellen, die Hinweise des Pflanzenschutzwarndienstes und regelmäßige Kontrollen des Schaderregeraufkommens auf den eigenen Schlägen ermöglichen es, den Befall frühzeitig zu erkennen und gezielt zu bekämpfen. Dadurch können unnötige oder übermäßige Pflanzenschutzmaßnahmen vermieden werden (Grundsatz der Überwachung).

Entscheidungen über die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln sollten basierend auf Schaderreger-spezifischen Bekämpfungsrichtwerten oder auf Grundlage von Meldungen des Pflanzenschutzwarndienstes getroffen werden. So werden unnötige und

unwirtschaftliche Pflanzenschutzmaßnahmen vermieden (Grundsatz der Entscheidungsfindung basierend auf Schwellenwerten).

Der Einsatz nichtchemischer Verfahren, etwa die mechanische Unkrautbekämpfung, das Ausbringen natürlicher Feinde von Schädlingen (z.B. Trichogramma-Schlupfwespen), die Anwendung von Pheromon-Dispensern in Sonderkulturen etc. kann den Bedarf an chemischen-synthetischen Pflanzenschutzmitteln erheblich reduzieren (Grundsatz des Vorzugs wirksamer und nachhaltiger nichtchemischer Methoden).

Wenn der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln notwendig wird, soll dieser so gezielt wie möglich erfolgen. Die Mittel sind so auszuwählen, dass die speziell den jeweiligen Schaderreger erfassen. Dabei sind solche Anwendungen zu bevorzugen, die die geringsten Nebenwirkungen auf die menschliche Gesundheit, auf Nichtzielorganismen und auf die Umwelt haben. Etwa sind Anwendungen von Insektiziden zu vermeiden, wenn Bienen und andere Bestäuber aktiv sind. Ferner ist abdriftmindernde Technik einzusetzen. So wird insbesondere das Risiko, das von Pflanzenschutzmitteln ausgeht, minimiert (Grundsatz der Spezifität und der Zielgenauigkeit).

Eine erhebliche Einsparung an Pflanzenschutzmitteln wird durch die Beschränkung auf das notwendige Maß erzielt. Beispielsweise ist die Reihenbehandlung in Hackfrüchten eine wirksame Maßnahme. In Zuckerrüben können bei einer Kombination von Hacke und Reihenbehandlung gute zwei Drittel Wirkstoff eingespart werden. Weitere Einsparmöglichkeiten ergeben sich über geringere Anwendungshäufigkeiten. Die konkreten Gegebenheiten (z.B. Witterung, Sorteneigenschaften, Schaderregerdynamik) müssen dabei beachtet werden und insbesondere eine Resistenzentwicklung der Schaderreger muss vermieden werden (Grundsatz der Beschränkung auf das notwendige Maß).

Der Entwicklung von Schaderregerpopulationen, die resistent sind gegen Wirkstoffe oder ganze Wirkstoffgruppen ist entgegenzuwirken. Resistente Schädlinge können erhebliche wirtschaftliche Schäden verursachen. Ferner führt die Bekämpfung resistenter Schadorganismen häufig zu einer höheren Pflanzenschutzintensität. Um Resistenzentwicklungen zu vermeiden, empfiehlt sich eine Kombination aus anbautechnischen, biologischen und chemischen Bekämpfungsmaßnahmen. So kann etwa bei der Mittelauswahl beachtet werden, dass die enthaltenen Wirkstoffe durch verschiedene Wirkungsweisen charakterisiert sind und dass regelmäßig die Wirkstoffgruppen gewechselt werden (Grundsatz der Anwendung von Resistenzvermeidungsstrategien).

Der Behandlungserfolg sollte im Nachgang überprüft werden. Dies kann auf unterschiedlichen Wegen geschehen (z.B. Befallskontrolle vor und nach der Pflanzenschutzmaßnahme, Anlage von Spritzfenstern). Das Bewerten und Dokumentieren der Ergebnisse von Maßnahmen ist eine wichtige Grundlage für spätere Entscheidungsprozesse in Bezug auf Anbau sowie Maßnahmen im Pflanzenschutz (Grundsatz der Erfolgskontrolle).

Kulturpflanzenspezifische Leitlinien zum integrierten Pflanzenschutz

Mit dem „Nationalen Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (NAP)“ soll dem Schutzgedanken nach einem umwelt- und verbraucherschutzorientierten Pflanzenschutz in Deutschland über die rechtlichen Vorschriften hinaus Rechnung getragen werden. Der NAP beruht auf § 4 des Pflanzenschutzgesetzes und hat u. a. zum Ziel, den

Einsatz von Pflanzenschutzmitteln auf das unbedingt notwendige Maß zu beschränken sowie die Risiken, die durch die Anwendung entstehen können, weiter zu reduzieren. Beim NAP handelt es sich um ein umfassendes Programm mit Einzelmaßnahmen, an dem sich Bund und Länder in Abhängigkeit der jeweiligen Schwerpunktsetzungen und der zur Verfügung stehenden Ressourcen in geeigneter Weise beteiligen. In Bayern finden der Schutz der Gewässer, der Bienen und der Biodiversität sowie die Risikoreduzierung als Schwerpunktmaßnahmen zur Umsetzung des NAP besondere Berücksichtigung.

Im NAP ist die Erstellung und Umsetzung von Kulturpflanzen- oder sektorspezifischen Leitlinien des integrierten Pflanzenschutzes verankert. Die Leitlinien sollen Praktiker und Berater dabei unterstützen, den integrierten Pflanzenschutz konkret umzusetzen (Infobox).

Infobox: Anerkannte Leitlinien zum integrierten Pflanzenschutz im NAP

Leitlinie zum integrierten Pflanzenschutz im Mais (LIPS Mais), 2019, Deutsches Maiskomitee e. V. (DMK) <https://www.nap-pflanzenschutz.de/integrierter-pflanzenschutz/leitlinien-ips/leitlinie-zum-integrierten-pflanzenschutz-im-mais>

Leitlinie zum integrierten Pflanzenschutz im Getreidebau, 2021, Deutscher Bauernverband e. V. mit seinen Landesbauernverbänden <https://www.nap-pflanzenschutz.de/integrierter-pflanzenschutz/leitlinien-ips/leitlinie-zum-integrierten-pflanzenschutz-im-getreidebau>

Leitlinie des integrierten Pflanzenschutzes im Rapsanbau, 2020, Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen e. V. (UFOP) <https://www.nap-pflanzenschutz.de/integrierter-pflanzenschutz/leitlinien-ips/leitlinie-des-integrierten-pflanzenschutzes-im-rapsanbau>

Leitlinien des integrierten Pflanzenschutzes im Zuckerrübenanbau, 2018, Wirtschaftliche Vereinigung Zucker e. V. <https://www.nap-pflanzenschutz.de/integrierter-pflanzenschutz/leitlinien-ips/leitlinien-des-integrierten-pflanzenschutzes-im-zuckerruebenanbau>

Leitlinie des integrierten Pflanzenschutzes im Kartoffelanbau, 2020, Union der deutschen Kartoffelwirschaft e. V. (UNIKA) <https://www.nap-pflanzenschutz.de/integrierter-pflanzenschutz/leitlinien-ips/leitlinie-des-integrierten-pflanzenschutzes-im-kartoffelanbau>

Leitlinie des integrierten Pflanzenschutzes im Anbau von Ackerbohne, Körnererbse, Sojabohne und Süßlupinen, 2020, Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen (UFOP) e. V. <https://www.nap-pflanzenschutz.de/integrierter-pflanzenschutz/leitlinien-ips/leitlinie-des-integrierten-pflanzenschutzes-im-anbau-von-ackerbohne-koernererbse-sojabohne-und-suesslupinen>

Leitlinien zum integrierten Pflanzenschutz im Hopfenanbau, 2020, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung), Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V. <https://www.nap-pflanzenschutz.de/integrierter-pflanzenschutz/leitlinien-ips/leitlinien-zum-integrierten-pflanzenschutz-im-hopfenanbau>

Leitlinie für den integrierten Pflanzenschutz im Sektor Arznei- und Gewürzpflanzen, 2019, Forschungsvereinigung der Arzneimittel-Hersteller (FAH) und Deutscher Fachausschuss für Arznei-, Gewürz- und Aromapflanzen (DFA) www.nap-pflanzenschutz.de/integrierter-pflanzenschutz/leitlinien-ips/leitlinie-fuer-den-integrierten-pflanzenschutz-im-sektor-arznei-und-gewuerzpflanzen

Leitlinie zum integrierten Pflanzenschutz im Haus- und Kleingartenbereich, 2020, Im Haus- und Kleingartenbereich tätige Organisationen und Verbände („Kasseler Runde“) unter Federführung des Verbands der Gartenbauvereine in Deutschland e. V. <https://www.nap-pflanzenschutz.de/integrierter-pflanzenschutz/leitlinien-ips/leitlinie-zum-integrierten-pflanzenschutz-im-haus-und-kleingartenbereich>

Sektorspezifische Leitlinie zum integrierten Pflanzenschutz im Garten-, Landschafts- und Sportplatzbau, 2018, Bundesverband Garten-, Landschafts- und Sportplatzbau e. V. <https://www.nap-pflanzenschutz.de/integrierter-pflanzenschutz/leitlinien-ips/sectorspezifische-leitlinie-zum-integrierten-pflanzenschutz-im-garten-landschafts-und-sportplatzbau>

Integrierter Pflanzenschutz im DB-Konzern in Deutschland, 2018, Deutsche Bahn AG <https://www.nap-pflanzenschutz.de/integrierter-pflanzenschutz/leitlinien-ips/integrierter-pflanzenschutz-im-db-konzern-in-deutschland>

Leitlinie für den integrierten Pflanzenschutz im Sektor Vorratsschutz, 2019, Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen <https://www.nap-pflanzenschutz.de/integrierter-pflanzenschutz/leitlinien-ips/leitlinie-fuer-den-integrierten-pflanzenschutz-im-sektor-vorratsschutz>

Die aktuellen Leitlinien wurden von verschiedenen Organisationen und Verbänden erarbeitet und haben ein strenges Anerkennungsverfahren durchlaufen, an dem der Wissenschaftliche Beirat des NAP, der Bund und die Länder beteiligt waren. Die LfL war etwa maßgeblich an der Anfertigung der Leitlinien zum Hopfenanbau und zum Maisanbau beteiligt.

Ein Entwurf der Leitlinien zum integrierten Pflanzenschutz im Weinbau ist online abrufbar¹³. Die Leitlinie zum integrierten Pflanzenschutz im Öffentlichen Grün ist noch nicht verfügbar. Allerdings stellt z. B. die online abrufbare LfL-Information „Freiflächenpflege im kommunalen Bereich – Unkrautmanagement auf Wegen und Plätzen“ rechtliche Rahmenbedingungen und Praxisempfehlungen vor¹⁴.

Die Leitlinien sind dabei in der Regel in zwei Teile untergliedert. In einem allgemeinen Teil werden zunächst die Instrumente des integrierten Pflanzenschutzes unter dem Aspekt der Umsetzbarkeit in den jeweiligen Kulturen präsentiert. Der anschließende spezielle Teil enthält Schaderreger-spezifische Handlungsempfehlungen.

Verbundberatung in Bayern

Die Kulturpflanzen-spezifischen Leitlinien zum integrierten Pflanzenschutz enthalten konkrete Maßnahmen für die Betriebe und Berater in den jeweiligen Kulturen. Welche Maßnahmen zur Anwendung kommen, kann je nach einzelbetrieblicher Situation unterschiedlich ausfallen. Die Berater unterstützen die Betriebe bei der zielgerichteten Umsetzung der Maßnahmen unter Berücksichtigung von jährlichen, regionalen und betrieblichen Gegebenheiten. In Bayern ist die Pflanzenschutzberatung Teil der Verbundberatung. Die Verbundberatung ist die vertraglich geregelte Zusammenarbeit von anerkannten nichtstaatlichen Beratungsanbietern mit der staatlichen Beratung. Sie basiert auf dem Bayerischen Agrarwirtschaftsgesetz. Dieses Beratungsangebot – der "Bayerische Weg in der Beratung"- besteht für die bayerischen Landwirte, Gärtner und Winzer seit dem Jahr 2008.

Die staatliche Landwirtschaftsverwaltung steht dabei für die am Gemeinwohl orientierte und am Verwaltungsvollzug ausgerichtete Beratung, insbesondere in den Bereichen Gewässerschutz, Erosionsschutz, Wildlebensraum, Agrarumweltmaßnahmen und artgerechte Tierhaltung.

Für produktionstechnische Fragen dienen die jeweiligen Verbundpartner als Ansprechpartner. Bei pflanzenbaulichen Themen (etwa zu Pflanzenschutz, Sortenwahl, Düngung etc.) ist dies das Landeskuratorium für pflanzliche Erzeugung in Bayern e.V. (LKP) mit seinen Erzeugerringen. Beratungsdienstleistungen zur Umsetzung des integrierten Pflanzenschutzes können von den Betrieben dabei auf vielfältige Weise wahrgenommen werden (z.B. Versuchsberichtshefte, Beratungsrundschreiben, einzelbetriebliche und Gruppenberatungen, Workshops, Felderbegehungen, Telefonhotlines, digitale Angebote).

Vorträge, Veröffentlichungen, Schauflächen, Feldtage

Auf großes Interesse bei Praktikern und Beratern stoßen die im Winter stattfindenden Acker- und Pflanzenbautagungen. Im Rahmen von Fachvorträgen werden dabei u.a. die Möglichkeiten und Chancen der Pflanzenschutzmittelreduktion präsentiert. Experten der Landesanstalten und der Ämter für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (ÄELF) informieren die Praktiker regelmäßig in Fachblättern (z.B. Wochenblatt) über rechtliche

¹³ https://www.nap-pflanzenschutz.de/fileadmin/SITE_MASTER/content/Dokumente/Integrierter_Pflanzenschutz/Leitlinien_IPS/230302_DWV_Weinbau_LLIPS.pdf

¹⁴ <https://www.lfl.bayern.de/publikationen/informationen/131604/index.php>

Regelungen zum Pflanzenschutz, über die Anwendung des integrierten Pflanzenschutzes sowie über praxistaugliche Einsparmöglichkeiten bei Pflanzenschutzmitteln.

Die LfL ist regelmäßig an Fachtagungen zum Vegetationsmanagement auf befestigten Flächen beteiligt. Bereits im Jahr 2017 hat die LfL zwei Fachtagungen für Kommunen und Dienstleister zum Thema „Alternative Unkrautmanagementverfahren für Wege und Plätze im kommunalen Bereich – Geht es auch ohne Chemie?“ in Landshut und Triesdorf angeboten, die jeweils auf sehr große Resonanz gestoßen sind. Entsprechende Veranstaltungen wurden in den folgenden Jahren in Kooperation mit anderen Einrichtungen wiederholt (Landwirtschaftlichen Lehranstalten Triesdorf, Akademie Landschaftsbau Weißenstephan, Landesanstalt für Wein und Gartenbau). Bei den Landespflege tagen in Veitshöchheim wurden 2025 rechtliche Möglichkeiten und technische nicht-chemische Lösungen zum Vegetationsmanagement auf befestigten Flächen aufgezeigt¹⁵. Allgemeiner Konsens ist, dass erfolgreiches Vegetationsmanagement auf Wegen und Plätzen auch ohne chemische Pflanzenschutzmittel realisierbar ist. Mittlerweile gibt es eine Vielzahl an unterschiedlichen Geräten für eine mechanische, thermische oder elektrische Unkrautbekämpfung.

Im Internetangebot des Instituts für Pflanzenschutz der LfL¹⁶ sowie der Bayerischen Gartenakademie an der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau¹⁷ findet sich ein breites Angebot an Informationen zu Krankheiten, Schädlingen und Nützlingen sowie zu Möglichkeiten für Privatgärtner ohne Pflanzenschutzmittel auszukommen.

Die ÄELF zeigten in den vergangenen Jahren in Kooperation mit Praxisbetrieben anhand von Schauflächen zur Pflanzenschutzmittelreduktion auf, wie chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel reduziert werden können. Die Öffentlichkeit wurde über die Presse, in Vorträgen sowie im Internet auf den Homepages der ÄELF über die Schauflächen informiert. Die Schauflächen wurden bayernweit in verschiedenen Kulturen angelegt und dienten als konkrete Umsetzungsbeispiele für die Praxis.

Am Standort Ruhstorf der LfL wird die Digitalisierung als eigener Schwerpunkt bearbeitet. Mit dem seit dem Jahr 2018 etablierten „Hacktag“ in Ruhstorf präsentiert die LfL marktverfügbare Technologien und ihre Anwendung sowie neue Konzepte zur Einsparung von Pflanzenschutzmitteln (Abb. 51). Im Mittelpunkt stehen Technologien, welche mit Sensoren, künstlicher Intelligenz oder als automatisierte Systeme einen Beitrag dazu leisten sollen. Die Veranstaltung richtet sich an alle Interessierten aus Landwirtschaft, Beratung und Forschung, aber auch Studierende und Auszubildende. Während in den letzten Jahren der Fokus des Feldtages auf automatisierter mechanischer Unkrautregulierung und Feldrobotik lag, werden zukünftig auch Technologien des teilflächenspezifischen chemisch-synthetischen Pflanzenschutzes demonstriert.

¹⁵ https://www.lwg.bayern.de/landespflege/gartendokumente/vh_berichte/371247/index.php

¹⁶ www.lfl.bayern.de/ips/kleingarten

¹⁷ www.lwg.bayern.de/gartenakademie



Abb. 51: Vorstellung KI-gesteuerter Hacktechnik zur Unkrautregulierung innerhalb der Kulturreihe beim LfL-Hacktag in Ruhstorf 2025 (Foto: M. Martin, LfL)

Warndienst, Monitoring, Prognose

Die Empfehlungen des amtlichen Pflanzenschutzwarndienstes in Bayern basieren auf Monitoringprogrammen, die das Auftreten von Krankheiten und Schädlingen erfassen, und auf Prognosemodellen, die deren Infektionsrisiko oder Ausbreitung berechnen. Vor allem für Krankheiten, die eine Behandlung noch vor dem Auftreten von sichtbarem Befall erfordern, wie zum Beispiel für die Kraut- und Knollenfäule der Kartoffel oder den Halmbruch im Getreide, können Prognosemodelle Beratung und Praxis ganz wesentlich unterstützen. Unter Mitwirkung der ÄELF werden Bonitur- und Ertragsdaten aus Monitoring und Exaktversuchen sowohl für die Entwicklung als auch für die regelmäßige Validierung der Prognosemodelle verwendet. Für das Getreidemonitoring etwa werden in Bayern im Laufe der Vegetation zahlreiche Schläge mehrmals auf alle wichtigen Pilzkrankheiten untersucht. Die Ergebnisse aller Standorte werden wöchentlich aktualisiert und in Übersichtskarten und Regionaltabellen dargestellt (Abb. 52).

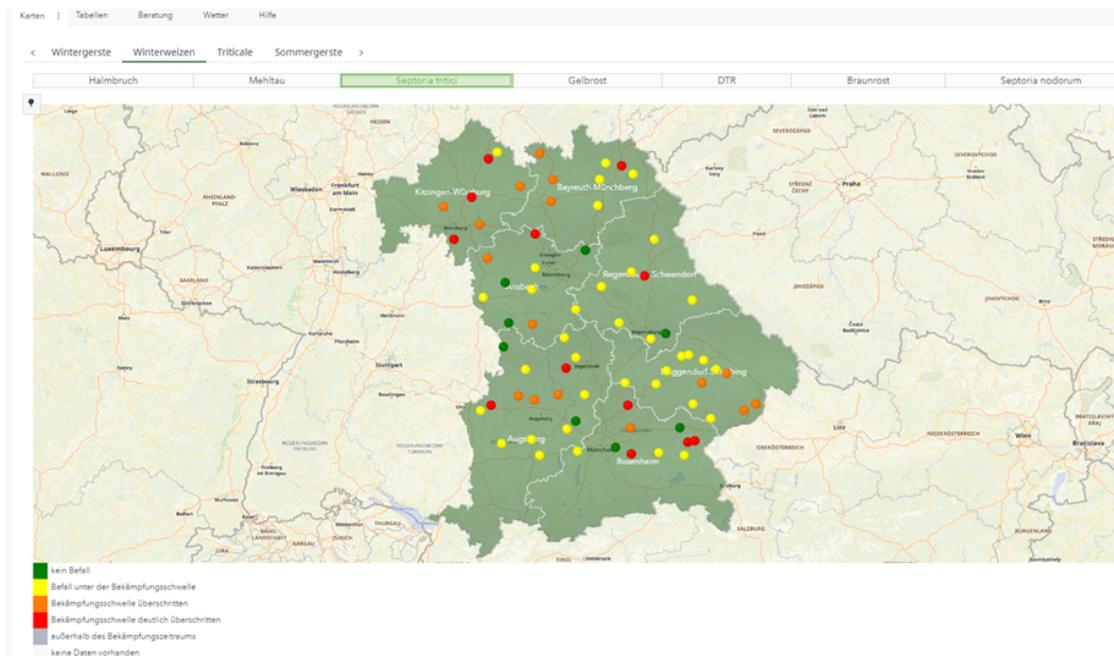


Abb. 52: Screenshot der Webanwendung zum Getreidemonitoring¹⁸

Der Pflanzenschutzwarndienst bietet im Internet tagesaktuelle Prognosen der witterungsbedingten Gefährdung durch wichtige Schaderreger in der Landwirtschaft, im Weinbau und im Obstbau, Monitoring-Daten der regionalen Befallssituation sowie entsprechende Bekämpfungsempfehlungen. Eine aktuelle Auswahl wichtiger Prognosemodelle für acker- und gartenbauliche Kulturen enthält die Plattform ISIP¹⁹ (Informationssystem Integrierte Pflanzenproduktion e.V.).

Im Weinbau dient die Plattform VitiMeteo (Abb. 53) dazu relevante Prognosen zu kommunizieren. Anhand von Wetterdaten werden dabei regionalisiert Vorhersagen zum Krankheitsgeschehen bzw. zur Schädlingsentwicklung gemacht. Prognosemodelle unterstützen die Winzer bei der Entscheidung zu Behandlungen und deren Terminierung. Nicht alle Ereignisse, die von Prognosemodellen angezeigt werden, müssen auch eintreten, da vielerlei Ursachen bei der Krankheitsentstehung und Ausbreitung eine Rolle spielen. Deswegen kann die Prognoseaussage mit der tatsächlichen Rebschutzsituation über VitiMonitoring (Abb. 53) verglichen werden. Zusammen mit den Beratungsaussagen im "Weinbaufax Franken" sind damit betriebspezifische Pflanzenschutzentscheidungen genau zu planen.

¹⁸ <https://www.lfl.bayern.de/ips/warndienst/030924/index.php>

¹⁹ <https://www.isip.de/>

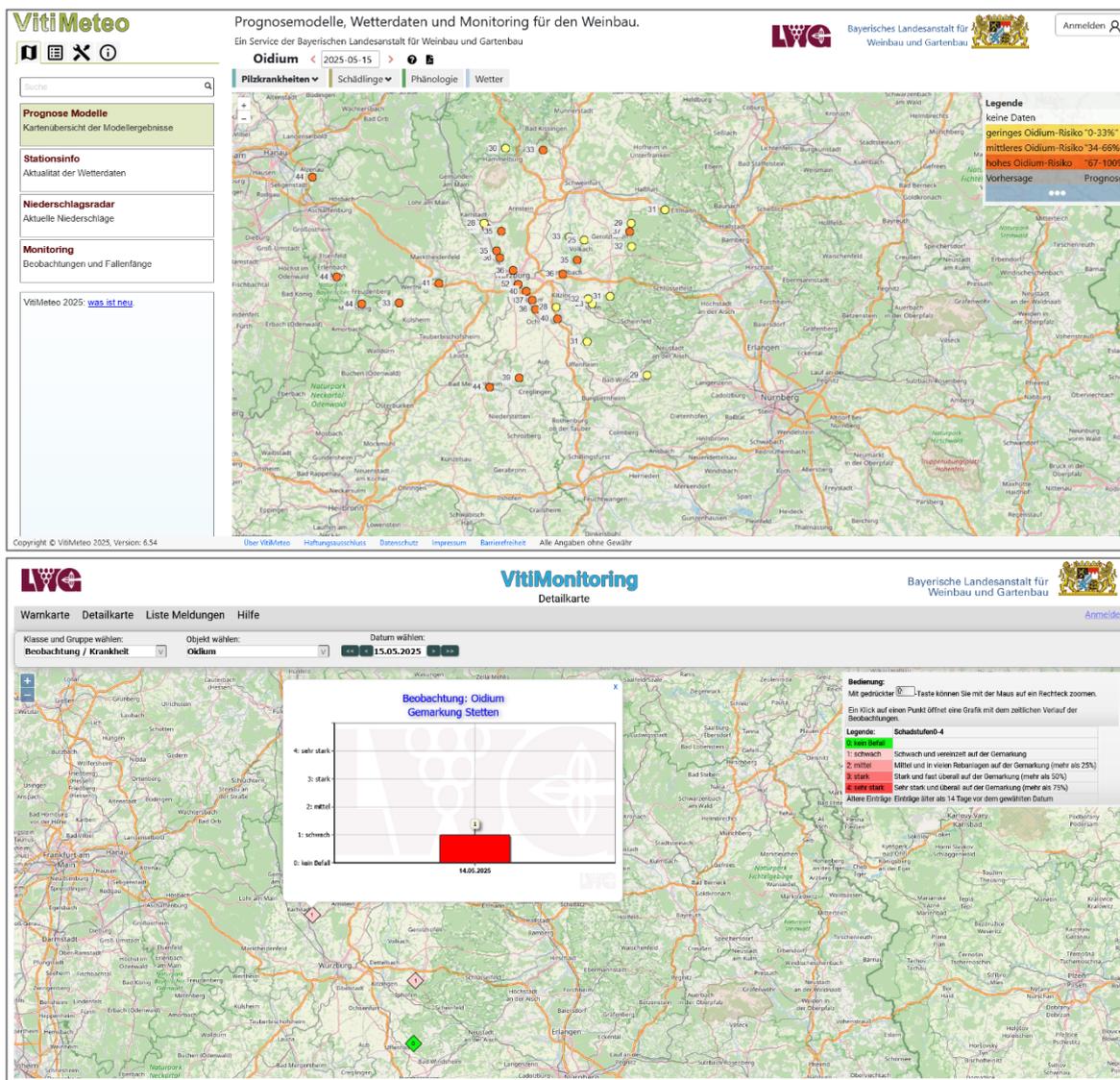


Abb. 53: Screenshots der Webanwendungen VitiMeteo²⁰ und VitiMonitoring²¹

Auch Entscheidungssysteme tragen zu einem zielgerichteten und wirtschaftlichen Pflanzenschutz bei. Fest etabliert in der Verbundberatung und in der Praxis sind etwa das Weizenmodell Bayern und das Gerstenmodell Bayern zum gezielten Fungizideinsatz basierend auf Bekämpfungsschwellen. Die Verfahren werden unter verschiedenen Standortbedingungen mit anderen Vorgehensweisen verglichen, in ihrer Wirtschaftlichkeit beurteilt und weiterentwickelt. Die Wirkung neuer Fungizide (inkl. biologischer Alternativen) wird geprüft und in die Systeme integriert. Langjährig zeigt sich dabei eine wirtschaftliche Vorzüglichkeit der Modelle im Vergleich zu anderen Behandlungsstrategien insbesondere zu Varianten mit dem Ziel maximaler Blattgesundheit. Im Jahr 2024 konnten von LfL und ÄELF zusammen Daten von 20 Feldversuchen ausgewertet werden.

Alle Entscheidungshilfen sollen dazu beitragen, die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln im Sinne des integrierten Pflanzenschutzes auf das notwendige Maß zu beschränken.

²⁰ <https://www.vitimeteo-by.de>

²¹ <https://viti monitoring.de>

3.2 Forschung

Im aktuellen Ressortforschungsrahmen 2024-2028 sind die Schwerpunkte der Ressortforschung formuliert. Das Ziel ist eine ressourceneffiziente sowie -schonende, zielorientierte Land- und Waldbewirtschaftung, die sowohl das Klima schützt als auch an das Klima und den Klimawandel angepasst ist, eine hohe Biodiversität fördert, gleichzeitig die Wettbewerbsfähigkeit der Betriebe und die Versorgungssicherheit der Bevölkerung stärkt und innovative regionale Wertschöpfung vorantreibt.

Umgesetzt wird die Forschungsausrichtung bei den Projektnehmern im Wesentlichen an den bayerischen Ressortforschungseinrichtungen: Mit Konzepten „Aus der Forschung für die Praxis“ geben sie Hilfestellungen, wie das gesetzte Ziel, den chemisch-synthetischen Pflanzenschutz deutlich zu reduzieren, in der Anwendung effizient realisiert werden kann (siehe Infobox).

Der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln geschieht in einem Spannungsfeld zwischen nachhaltiger und ressourcenschonender Bewirtschaftung auf der einen Seite und dem Schutz von Pflanzen vor Schadorganismen auf der anderen Seite. Das Ziel ist der integrierte Pflanzenschutz mit dem Motto „So wenig Pflanzenschutzmittel wie möglich, soviel wie nötig.“

Im land- und forstwirtschaftlichen Bereich liegt der Fokus daher neben den Forschungsprojekten zum ökologischen Landbau auf Projekten zur Weiterentwicklung des integrierten Pflanzenschutzes, insbesondere auf vorbeugenden Maßnahmen (Fruchtfolge, Saatzeit, Düngung, Kultivierungsverfahren, Hygienemaßnahmen, Förderung von Nützlingen, Anbau resistenter Sorten).

Die Forschung zu Schaderregern trägt dazu bei, Diagnose- und Prognosemodelle in der Land- und Forstwirtschaft, im Weinbau und im Gartenbau weiter auszubauen und praxistaugliche Ergebnisse aufzubereiten. Geforscht wird ebenso zum Einsatz umwelt- und ressourcenschonender Techniken zur exakten Pflanzenschutzmittelausbringung. Erste Technologien für die teilflächenspezifische bzw. punktuelle Applikation von Pflanzenschutzmitteln sind bereits marktverfügbar.

Im Folgenden werden einige ausgewählte Projekte näher vorgestellt. Die Schwerpunkte liegen dabei auf Projekten, deren thematischen Schwerpunkte ein großes Potential für eine Reduktion des chemisch-synthetischen Pflanzenschutzes versprechen (z.B. Entwicklung und praktische Umsetzung nachhaltiger Pflanzenschutzstrategien, Nutzung von Künstlicher Intelligenz, Monitoring und Prognose).

Infobox: Ausgewählte Forschungsprojekte zum Thema „Reduktion von Pflanzenschutzmitteln“

RNA-gesteuerter Pflanzenschutz zur Bekämpfung der Erreger des "Syndroms Basses Richesses" (SBR) (Uni Regensburg, LfL, Uni Gießen, Uni Hohenheim, Uni Jena; laufend)

<https://www.plantrna.org/sweetrna>

Mit neuen Methoden und Technologien gegen den Apfelwickler im ökologischen und konventionellen Erwerbs- und Streuobstanbau für Bayern (LfL; laufend)

Betriebsnetzwerk - Reduktion chemisch-synthetischer Pflanzenschutzmittel (LfL, LKP Bayern; laufend)

<https://www.lfl.bayern.de/ips/forschung/354586/index.php>

BayKaStol - Stolbur und SBR an Kartoffeln in Bayern: Krankheitsverlauf, Ertragswirkung und Anfälligkeit unterschiedlicher Sorten (LfL, Südstärke GmbH)

<https://www.lfl.bayern.de/ips/blattfruechte/373931/index.php>

Entwicklung moderner Kulturmethoden für eine ressourcenschonende Produktion rückstandsfreier Jungpflanzen auf dem Niveau von Bio-Jungpflanzen für Zierpflanzen, Topfgemüsearten und Kräuter (LWG; laufend) <https://www.lwg.bayern.de/gartenbau/zierpflanzenbau/362929/index.php>

IPMorama Züchtung für den integrierten Pflanzenschutz – Förderung der Nachhaltigkeit durch innovative Sorten (LfL, INRAe, CREA, FiBL, CSIC; laufend) www.lfl.bayern.de/ipz/forschung/363167/index.php

GRIPS - Gesunde Reben mit integrierten Pflanzenschutz-Strategien (LWG; laufend)

https://www.lwg.bayern.de/weinbau/rebe_weinberg/358688/index.php

VitiMonitoring - Internetgestütztes Informationsportal zur Schaderregersituation – Erweiterung des Monitorings in digitale Systeme (LWG; laufend)

https://www.lwg.bayern.de/weinbau/rebe_weinberg/255173/index.php

Produktions- und Qualitätsoffensive für die Landwirtschaft und den Gartenbau in Bayern Teilprojekt 3: Betreuung von Monitoringflächen, Wetterstationen und Prognosemodellen für Pflanzenschutzempfehlungen im Weinbau (LWG, LfL, Weinbauring Franken u.a.; laufend)

https://www.lwg.bayern.de/weinbau/rebe_weinberg/151038/index.php

PENTAcontrol- Entwicklung einer nachhaltigen Regulierungsstrategie gegen Baumwanzen im bayerischen Obst- und Gemüsebau (LfL, LWG, LTZ u.a.; laufend)

<https://www.lfl.bayern.de/ips/gartenbau/329581/index.php>

MUMM - Erprobung, Bewertung und Demonstration von Technik zur mechanischen Unkrautregulierung bei Mulchsaaten mit hohem Bodenbedeckungsgrad (LfL, BaySG; laufend)

<https://www.lfl.bayern.de/ilt/pflanzenbau/323153/index.php>

OptiMulchErtrag - Optimierung eines Verfahrens zum Beikrautmanagement im Feldgemüsebau mit einem spritzbaren Mulchmaterial auf Basis Nachwachsender Rohstoffe - Ernteertragsermittlung (TFZ, LWG; laufend) <https://www.tfz.bayern.de/stofflichenutzung/projekte/381939/index.php>

EWIS II - Entwicklung und Bewertung von Beikraut-Applikationskarten für den Einsatz von Robotern zur mechanischen Beikrautregulierung (TFZ, HSWT, TUM; laufend)

<https://www.tfz.bayern.de/rohstoffpflanzen/projekte/332964/index.php>

PraxPSMZR - Praxiseinführung von Verfahren mit reduziertem Pflanzenschutzmitteleinsatz im Zuckerrübenanbau (LfL, Verband bayerischer Zuckerrübenanbauer, TUM; laufend)

<https://www.lfl.bayern.de/ilt/digitalisierung/342918/index.php>

ABOWPrax - Entwicklung eines alternativen Verfahrens zur Beikrautregulierung im Obst- und Weinbau mit einem aufspritzbaren Mulchmaterial aus Nachwachsenden Rohstoffen zur Praxisreife (TFZ, LWG; laufend) <https://www.tfz.bayern.de/stofflichenutzung/325213/index.php>

PSM-Messnetzwerk Bayern - Ermittlung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes in Bayern (LfL, LKP Bayern; laufend) <https://www.lfl.bayern.de/ips/ueberuns/349279/index.php>

FutureCropFarming - Pflanzenbausysteme der Zukunft – biodivers – bodenschonend – digital (LfL, Uni Passau; laufend) <https://www.lfl.bayern.de/ilt/digitalisierung/294203/index.php>

EntoProg – Entwicklung digitaler Prognosemodelle und Entscheidungshilfen im Pflanzenschutz zur Abschätzung des Befalls von Schadinsekten in Raps, Zuckerrübe und Mais (LfL, ZEPP, JKI, IfZ u.a.; laufend) <https://www.lfl.bayern.de/ips/blattfruechte/328409/index.php>

Entwicklung und Prüfung von Verfahren und Techniken zur alternativen Unkrautregulierung und zur Minimierung des Herbizideinsatzes im Ackerbau (LfL, BaySG; laufend) <https://www.lfl.bayern.de/ips/forschung/258029/index.php>

VitiFIT - Gesunde Reben (Vitis vinifera) im Ökoweinbau durch Forschung, Innovation und Transfer (LfL, Hochschule Geisenheim, JKI, DLR, FAU Erlangen-Nürnberg u.a.; laufend) <https://www.lwg.bayern.de/weinbau/229073/index.php>

Langzeitversuch zur Minderung der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln im Ackerbau (LfL, HSWT; laufend) <https://www.lfl.bayern.de/ips/unkraut/160284/index.php>

OptiMulch - Optimierung eines Verfahrens zum Beikrautmanagement im Feldgemüsebau mit einem spritzbaren Mulchmaterial (LWG, TFZ, Amazone; abgeschlossen) <https://www.lwg.bayern.de/gartenbau/332153/index.php>

Hochpräzise und selektive Einzelpflanzenbehandlung im Gemüsebau auf Basis Künstlicher Intelligenz (LWG, LfL, Ecorobotix SA u.a.; abgeschlossen) www.lwg.bayern.de/gartenbau/gemuesebau/348376/index.php

Monitoring und Entwicklung von Verfahren zur Kontrolle von Schilf-Glasflügelzikaden und „SBR“ im Zuckerrübenanbau (LfL, VFZ; abgeschlossen) www.lfl.bayern.de/ips/blattfruechte/326447/index.php

Innovative Methoden zur ökologischen Beikrautregulierung im Gartenbau (LWG; abgeschlossen) <https://www.lwg.bayern.de/gartenbau/294861/index.php>

EWIS I - Evaluierung und Weiterentwicklung moderner Verfahren der künstlichen Intelligenz zur automatischen Erkennung von Unkraut in Sorghum mit Hilfe von Drohnen (TFZ, HSWT, TUM; LfL; abgeschlossen) <https://www.tfz.bayern.de/rohstoffpflanzen/projekte/251464/index.php>

Erprobung, Bewertung und Optimierung von automatisierten Verfahren zur mechanischen Unkrautregulierung (LfL; abgeschlossen) <https://www.lfl.bayern.de/ilt/digitalisierung/247367/index.php>

ABOW - Alternatives Beikrautmanagement im Obst- und Weinbau mit ökologisch unbedenklichen Substanzen und einem alternativen Mulchverfahren auf Basis nachwachsender Rohstoffe (TFZ, LWG, AGES u.a.; abgeschlossen) <https://www.tfz.bayern.de/stofflichenutzung/projekte/210726/index.php>

ValiProg - Computergestützte Prognosen und Entscheidungshilfen im Pflanzenschutz (LfL, ZEPP u.a.; abgeschlossen) <https://www.lfl.bayern.de/ips/getreide/328383/index.php>

Schritte zu biodiversitätsbasierten Pflanzenbausystemen – Bündelung und Weiterentwicklung von Forschungsansätzen in Ruhstorf (LfL/Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz; abgeschlossen) <https://www.lfl.bayern.de/iab/boden/256886/index.php>

Weiterentwicklung von Erosionsschutzverfahren im Mais – glyphosatfrei im konventionellen sowie alternative Verfahren im ökologischen Landbau (LfL; abgeschlossen) <https://www.lfl.bayern.de/iab/boden/228035/index.php>

Ermittlung forstlicher und ökologischer Kosten und Handlungsoptionen bei Massenvermehrungen des Schwammspinners in Bayern (TUM, LWF, JMU Würzburg; abgeschlossen) <https://www.lwf.bayern.de/waldschutz/monitoring/280101/index.php>

Untersuchung unterschiedlicher Methoden zum mechanischen Abtöten von Zwischenfrüchten für erosionsmindernde Bestellverfahren von Mais zur Reduzierung des Einsatzes von Totalherbiziden (LfL, BaySG u.a.; abgeschlossen) www.lfl.bayern.de/ilt/pflanzenbau/marktfruchtanbau/189558/index.php

Monitoring und Entwicklung von Verfahren zur Kontrolle von Schilf-Glasflügelzikaden und "SBR" im Zuckerrübenanbau und Stolbur und SBR an Kartoffeln in Bayern: Krankheitsverlauf, Ertagswirkung und Anfälligkeit unterschiedlicher Sorten (BayKaStol)

Seit 2019 tritt in Bayern vermehrt die Schilf-Glasflügelzikade auf. Zunehmend werden Zuckerrüben, Kartoffeln und Gemüsekulturen (Zwiebeln, Möhren, Spargel, Rhabarber) befallen. Dabei ist nicht das Insekt selbst das Problem, sondern die von ihm übertragenen bakteriellen Krankheitserreger. In Zuckerrüben lösen sie das sog. "SBR" (= „syndrome des basses richesses“ franz. für „Syndrom der niedrigen Zuckergehalte“) und in Kartoffeln die "Bakterielle Kartoffelknollenwelke" (Abb. 54) aus. In beiden Kulturen kann es dadurch zu erheblichen Ertrags- und Qualitätseinbußen kommen. Das Problem ist noch jung und viele Aspekte des Infektionsgeschehens sowie passende Pflanzenschutzstrategien noch unklar. Das BVL hat 2025 für eine Reihe von Präparaten Notfallzulassungen in Zuckerrüben und Kartoffeln erteilt.



Abb. 54 Bakterielle Kartoffelknollenwelke verursacht durch die von Glasflügelzikaden übertragenen bakteriellen Erreger (Foto: Helen Pfitzner, Verband der Hessisch-Pfälzischen Zuckerrübenanbauer)

An der LfL wird im Rahmen von zwei Forschungsprojekten intensiv an nachhaltigen Bekämpfungsstrategien im Sinne des integrierten Pflanzenschutzes geforscht.

Im Zuckerrübenprojekt liegt der Fokus auf vorbeugende Maßnahmen mit dem Potential den Zikadenausflug zu reduzieren (Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, alternative Maßnahmen). Dabei zeigten sich auch widersprüchliche Ergebnisse: insbesondere der bisweilen festgestellte reduzierende Effekt von Mais konnte nicht bestätigt werden – auch aus Mais als Fruchtfolgeglied flogen z.T. sehr viele Zikaden aus. Insgesamt konnte durch keine von der Standard-Folgefrucht Winterweizen abweichende Fruchtfolge eine signifikante Verbesserung erzielt werden. Eine tiefe (bis zu 45 cm) Bodenbearbeitung mittels einer Spatenmaschine führte bei einem Einsatz im Herbst vor Winterweizen zu einer deutlichen Reduktion des Zikadenausfluges. In Zusammenarbeit mit dem Technologie- und Förderzentrum (TFZ) in Straubing wurde versucht, die Ausflugsraten der Zikaden durch den Einsatz von „flüssigem Mulch“ zu reduzieren. Dieser wurde in der Folgefrucht Mais ausgebracht und sollte als mechanische Barriere den Ausflug der Tiere aus dem Boden verhindern. Tatsächlich wurde eine deutliche Reduktion erreicht, die allerdings einem hohen technischen Aufwand gegenüberstand, der wirtschaftlich (noch) nicht tragfähig ist. Demgegenüber hatte eine Einbringung von Stroh zwischen die Rübenreihen keinen nachweisbaren Effekt.

Ziel des Kartoffelprojekts ist es, den Einfluss der Bakteriellen Kartoffelknollenwelke auf das Keim- und Wachstumsverhalten der Kartoffelpflanze besser zu verstehen. Dadurch sollen auch die Auswirkungen auf den Ertrag und die Qualität der Kartoffeln genauer untersucht werden. Auf dieser Grundlage können dann Lösungsansätze und Strategien entwickelt werden, um den Bayerischen Kartoffelanbau zu unterstützen. Der Fokus liegt dabei auf Effekten unterschiedlicher Sorten. Auch der Einfluss des Pflanztermins und der Einsatz von Kulturschutznetzen wird untersucht. Daneben finden Gewächshausversuche und ein bayernweites Monitoring der Schilf-Glasflügelzikade in den Kartoffelanbaugebieten statt. Auf dieser Grundlage können dann Lösungsansätze und Strategien entwickelt werden, um den Bayerischen Kartoffelanbau zu unterstützen.

Betriebsnetzwerk Reduktion chemisch-synthetischer Pflanzenschutzmittel

Im Rahmen des Projekts „Betriebsnetzwerk Reduktion chemisch-synthetischer Pflanzenschutzmittel“ soll der Einsatz von chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln in allen relevanten Ackerbaukulturen bzw. Produktionsverfahren optimiert werden. Ein möglichst sparsamer Einsatz ist dabei auch Bestandteil eines nachhaltigen Resistenzmanagements und dient der Verbesserung der Umweltverträglichkeit und dem Schutz der Biodiversität im Ackerbau. Die Forschungsarbeiten finden im Rahmen eines Praxis-Betriebsnetzwerkes statt, welches aus repräsentativen Ackerbaubetrieben in den bayerischen Anbauregionen besteht.

Die Ausschöpfung der Reduktionspotenziale wird unter den jeweiligen betrieblichen Rahmenbedingungen für alle im Betrieb angebauten Hauptkulturen angestrebt. Hierfür werden Case-Control-Versuche in den Netzwerkbetrieben angelegt. Es erfolgt ein mehrjähriger Leistungsvergleich zwischen der ortsüblichen PSM-Intensität und der größtmöglichen Pflanzenschutzmittelreduktion hinsichtlich Ökonomik und Arbeitszeitanspruch. Die Feldversuche werden in Abstimmung mit den Betriebsleitern von einer unabhängigen Fachberatung betreut.

Die Netzwerkbetriebe werden die Fachberatung unterstützen und als Anlaufstellen und Musterbeispiele für die Umsetzung der PSM-Reduktion im gesamten Ackerbau unter den jeweiligen regionalen Produktionsbedingungen dienen. Betriebsbesichtigungen sowie Schulungs- und Fortbildungsmaßnahmen erfolgen durch die Projektleitung in Abstimmung mit den Betriebsleitern und den betreuenden Fachberatern.

Prognose des Befalls von Schadinsekten in Raps, Zuckerrübe und Mais (EntoProg) und Computergestützte Prognosen und Entscheidungshilfen im Pflanzenschutz (ValiProg)

Der Pflanzenschutzdienst in Bayern ist Partner in den bundesweiten Verbundprojekten ValiProg und EntoProg. Unter der Leitung der ZEPP, der Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen und Programme im Pflanzenschutz, sowie in Zusammenarbeit mit dem Julius Kühn-Institut und weiteren Partnern, führt die LfL dabei umfangreiche Feldversuche und Bonituren durch. Dies betrifft zahlreiche Krankheiten und Schadinsekten in Getreide, Zuckerrüben, Kartoffeln, Raps und Mais. Mit den gewonnenen Daten werden einerseits bestehende Prognosemodelle auf ihre Zuverlässigkeit überprüft und gegebenenfalls angepasst, andererseits dort, wo noch keine Ansätze existieren, diese ganz neu entwickelt. Letzteres betrifft etwa wichtige Schadinsekten im Raps und in der Zuckerrübe, Rostpilze im Getreide oder die Dürrefleckenkrankheit in der Kartoffel.

Projekt EntoProg

Schädlinge können hohe Ertragsverluste verursachen. Gleichzeitig wird es zunehmend schwieriger, deren Schadpotenzial zu begrenzen. Dies liegt unter anderem daran, dass vorbeugende Bekämpfungsansätze, wie es der integrierte Pflanzenschutz erfordert, bei zahlreichen Schadinsekten nur bedingt greifen. Gleichzeitig werden die Bekämpfungsmöglichkeiten, die der chemische Pflanzenschutz bietet, zunehmend eingeschränkt.

Um den Befall von Schadinsekten in Raps, Zuckerrübe und Mais besser abschätzen zu können, werden daher aktuell digitale Prognosemodelle entwickelt. Durch detaillierte Erhebungen zum Schaderregerauftreten wird es möglich, biologische Zusammenhänge zu modellieren. Darauf aufbauend lassen sich Zeiträume prognostizieren, in denen idealerweise Kontrollen durchgeführt werden, um so die Notwendigkeit von gezielten Bekämpfungsmaßnahmen überprüfen zu können. Hierdurch wird ein wichtiger Beitrag geleistet, um den Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel auf das notwendige Maß zu begrenzen.

Im Zuckerrübenanbau liegt der Fokus auf der Schilf-Glasflügelzikade und auf der Virösen Vergilbung. Beim Auftreten der Schilf-Glasflügelzikade gibt es noch viel Forschungsbedarf. Bei der Virösen Vergilbung geht es vor allem um biologische Parameter der Pfirsichblattlaus, die der Hauptüberträger der Virösen Vergilbung ist. Im Raps sind breit angelegte Untersuchungen erforderlich, da es zahlreiche Schädlinge gibt, die sowohl im Herbst als auch im Frühjahr Schäden verursachen können. Im Mais wird ausschließlich der Maiszünsler betrachtet, dessen Larve für hohe Ertragsverluste und Qualitätseinbußen sorgen kann.

Das Schaderregerauftreten hängt maßgeblich von klimatischen Faktoren wie Temperatur und Niederschlag ab. Sie bestimmen, wann und in welchem Umfang Schaderreger auftreten. Gleichzeitig ermöglichen diese Daten Prognosen, wann welche Stadien bei ausgewählten

Schädlingen erreicht bzw. durchlaufen werden. Auf diese Weise kann ein möglicher Insektizideinsatz optimiert werden. Dank des umfangreichen Messnetzes an agrarmeteorologischen Wetterstationen ist Bayern hier bestens aufgestellt.

Projekt ValiProg

Computergestützte Prognosen und Entscheidungshilfen basieren in der Regel auf Wetter- und Schlagdaten und beschreiben das zeitliche und räumliche Auftreten von Schadorganismen, den Epidemieverlauf von Schadpilzen oder die Populationsdynamik von Schadinsekten. Solche Entscheidungshilfesysteme (EHS) sind ein zentrales Element des vorbeugenden und situationsbezogenen Pflanzenschutzes, der die Bekämpfungsnotwendigkeit an allen verfügbaren Kenntnissen zu aktueller Befallsituation, erwarteter Befallsentwicklung und vorhandenen Schadschwellen ausrichtet, sowohl im integrierten als auch im ökologischen Pflanzenbau. Aktualität und Treffergenauigkeit der EHS sind hierbei wesentlich für deren Akzeptanz in der Praxis. Dies macht eine regelmäßige Validierung der Modellgrundlagen nötig. So können sich beispielsweise das Sorten- und Pflanzenschutzmittelspektrum ändern, neue Resistenzen gegen Pflanzenschutzmittel auftreten, alternative Methoden zur Bekämpfung oder Befallsminderung praxisrelevant werden und sich Schadorganismen an bestehende Sortenresistenzen oder verändernde (klimatische) Umweltbedingungen anpassen. Ziel des Verbundprojektes ist daher eine grundlegende Validierung bestehender, sowie die Entwicklung neuer EHS im Ackerbau.

Ein Teil der Daten, die im Rahmen von Feldversuchen und Bonituren für zahlreiche Kultur-Schaderreger-Systeme von den Pflanzenschutzdiensten der Länder koordiniert werden, dient dazu, bereits vorhandene Modelle auf ihre Praxistauglichkeit zu überprüfen. Ein weiterer Teil der Daten wird von den Projektpartnern ZEPP und JKI (Julius-Kühn-Institut) für eine möglicherweise nötige Anpassung bestehender Modellgrundlagen, sowie zur Entwicklung neuer EHS verwendet. Über den Partner ISIP e.V. (Informationssystem für die integrierte Pflanzenproduktion) werden die entsprechend angepassten oder auch neuentwickelten EHS im bundesweit frei zugänglichen, langjährig bewährten Internetangebot²² der Praxis zur Verfügung gestellt.

Alternatives Beikrautmanagement im Obst- und Weinbau ABO/ABOWPrax

Im Forschungsnetzwerk ABOW im Rahmen des Forschungs- und Innovationspakts Bayern-Österreich-Südtirol wurde unter der Federführung des Technologie- und Förderzentrums im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ) ein neues Verfahren mit einem spritzbaren Mulchmaterial auf Basis nachwachsender Rohstoffe entwickelt, das eine alternative Möglichkeit der Beikrautregulierung bietet (Abb. 55). Dieses Verfahren ist perspektivisch besonders vielversprechend hinsichtlich der Unkrautregulierung beim Einsatz im Gemüsebau, in Sonderkulturen oder auch im kommunalen Sektor. Dabei wird ein Gemisch aus zwei Komponenten basierend auf nachwachsenden Rohstoffen zunächst flüssig ausgebracht. Binnen Minuten verfestigt es sich zu einer Unkraut unterdrückenden Mulchschicht.

In Feldversuchen in Apfel- und Rebanlagen zeigte sich, dass das Mulchmaterial über die ganze Vegetationsperiode gut mit der Unkraut-reduzierenden Wirkung von Glyphosat bzw.

²² www.isip.de

mit der von mechanischer Bodenbearbeitung mithalten oder diese sogar übertreffen konnte. Das Material erwies sich als vollständig biologisch abbaubar und Beeinträchtigungen der Flora, Fauna und Kulturpflanzen konnten nicht beobachtet werden.



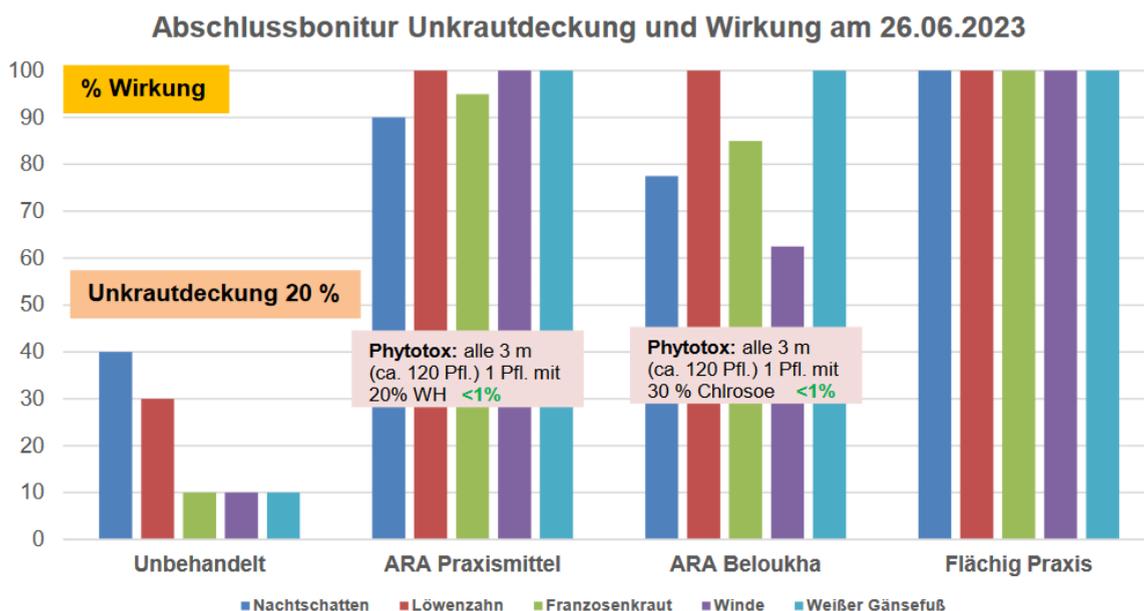
Abb. 55: Ausbringung des umweltfreundlichen Mulchmaterials in einer Obstanlage (Foto: TFZ)

Aktuell wird im Rahmen des Nachfolgeprojekts (ABOWPrax) daran gearbeitet das Verfahren weiterzuentwickeln und in die Praxisreife zu überführen. Der Schwerpunkt liegt auf anwendungsspezifischen Fragestellungen. Es sollen der ideale Applikationszeitpunkt des Mulchmaterials für unterschiedliche Weinbausysteme und Obstkulturen sowie der optimale Applikationsbereich (im Unterstock- bzw. Stammbereich der Kulturpflanzen) ermittelt werden. Außerdem wird in Zusammenarbeit mit einem Landmaschinenhersteller ein Applikationsgerät für den praxisgerechten Einsatz im Obst- und Weinbau entwickelt. Darüber hinaus soll der Einfluss des Mulchmaterials auf Umweltfaktoren wie biologische Abbaubarkeit, Bodenfeuchte und Stickstoffmineralisierung genauer untersucht werden.

Hochpräzise und selektive Einzelpflanzenbehandlung im Gemüsebau auf Basis Künstlicher Intelligenz

In dem vom AELF Deggendorf-Straubing betreuten Projekt wurde auf zwei Praxisbetrieben der Einsatz der Spot-Spraying-Technik im Gemüsebau erprobt (ARA-Pflanzenschutzspritze, Ecorobotix). Bei dieser Technik werden Pflanzenschutzmittel sehr gezielt nur dort appliziert, wo sie erforderlich sind. Dazu liefern hochauflösende Kameras Bilddaten, welche mittels Künstlicher Intelligenz eine Unterscheidung zwischen Unkräutern und einzelnen Kulturpflanzen ermöglichen.

Im Zwiebelanbau wurden auf drei Praxisteilflächen verschiedene Varianten zur Nachauflauf-Beikrautbekämpfung getestet. Folgende Varianten wurden geprüft: die Einzelpflanzenbehandlung mit praxisüblichen chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln, die Einzelpflanzenbehandlung mit Pelargonsäure und die flächige praxisübliche chemisch-synthetischen Standardbehandlung. Dabei konnte in der Variante Einzelpflanzenbehandlung mit Praxismittel ein Einsparpotenzial für chemische Pflanzenschutzmittel von rund 75 % erreicht werden. Der Bekämpfungserfolg war dabei vergleichbar befriedigend wie bei flächiger chemischer Praxisbehandlung (Abb. 56). Einer Spätverunkrautung in der langen Zwiebelkultur ohne eine ausreichende Bodendeckung sollte aber zusätzlich mit einer flächigen Spätversiegelung vorgebeugt werden.



-	Stomp Aqua in l	Lentagran WP in kg	Tomigan 200 in l	Lontrel in kg	Bandur in l	Spectrum in l
Praxis flächig	4	1,2	0,55	0,08	1	0,9
ARA-Praxis	2,5 (flächig)	0,095	0,03	0,025	0,064	0,4 (flächig)
% Einsparung ARA	38	92	94	69	94	56
Einsparung: Schnitt aller für Unkrautbekämpfung verwendeten Herbizide: 74 % (Durchschnitt der einzelnen Einsparungen der Mittel angesetzt)						

Abb. 56 Abschlussbonitur am Standort Breitfeld in Niederbayern (Speisezwiebeln, Fläche ohne Mulchsaat) Unkrautwirkung der jeweiligen Varianten (oben) und tatsächlich verbrauchte Mengen an Herbiziden je Hektar [36]

Gemüseulturen sind oftmals sehr sensibel, was die Verträglichkeit von Herbiziden angeht. Praktiker stehen in diesen Kulturen vor der Herausforderung die Aufwandmengen so zu gestalten, dass diese noch verträglich sind, aber gute Wirkungen eintreten. Auch ohne Schutzzone um die Kulturpflanze (Schutzzone um Kulturpflanze bei Unkrautbehandlungen einstellbar) wurden bei Unkrautbehandlungen in Speisezwiebeln mit relativ hoch konzentrierten Mischungen kaum Phytotox-Erscheinungen beobachtet.

Es erscheint deshalb sinnvoll, sofort in früheren, empfindlicheren Stadien höhere Konzentrationen an Wirkstoffen zu verwenden. Im Idealfall erreicht man so eine sichere Wirkung, auch gegen Problembeikräuter, bei gleichzeitiger deutlicher Pflanzenschutzmitteleinsparung im späteren Kulturverlauf.

Im Salatanbau wurde das Einsparpotenzial in verschiedenen Kulturstadien gegenüber flächiger Behandlung untersucht. Im Schnitt von drei unterschiedlichen Kulturstadien konnte so rund 60 % der Menge an Spritzbrühe/Wirkstoff eingespart werden. Arbeitet man mit einer Schutzzone für Kulturpflanzen, wird in der Kultur Salat auch eine Nachauflaufbehandlung von Unkraut möglich. Hier sind bei flächiger Behandlung bislang keine Möglichkeiten vorhanden.

Bei der Saat von Kohl kann der Kohlerdfloh bereits im Keimblattstadium ganze Bestände vernichten. Bei flächigen Behandlungen im Keimblattstadium wird vor allem Boden benetzt. Es wurde deshalb untersucht, wie eine Einzelpflanzenbehandlung im Kleinststadium funktionieren kann. Das Einsparpotenzial gegenüber einer flächigen Behandlung ist mit über 90 % sehr hoch. Da sich im Versuch aber kein ausreichender Erdflohbefall zeigte, ist die Wirkung in weiteren Untersuchungen zu erproben.

Die Spot-Spray-Technik hat in den Versuchen gezeigt, dass eine sparsame und kulturschonende Unkrautbekämpfung in Zwiebeln, sowie eine sparsame Einzelpflanzenbehandlung in der Pflanzkultur Salat oder in der Kohlerdflohbekämpfung im Kohl möglich ist. Die Einsparpotenziale sind dabei sehr hoch. Für einen künftigen verbreiteten Einsatz sollten optimal angepasste Strategien und gegebenenfalls darauf abgestimmte Zulassungen/Genehmigungen erarbeitet werden.

Vergleich unterschiedlicher Unkrautregulierungssysteme im Maisanbau

Mais ist nach Getreide die größte Kultur im Ackerbau. Der Anspruch an den Pflanzenschutz bezieht sich vorwiegend auf eine sichere Unkrautregulierung in der Jugendentwicklung der Kultur. Der im Vergleich zu anderen Kulturen geringe Einsatz von Pflanzenschutzmitteln bezieht sich primär auf die Anwendung von Herbiziden im konventionellen Ackerbau. Mit dem Anspruch diese schon niedrige Einsatzintensität von chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln noch weiter zu senken, fand von 2020 bis 2022 ein gemeinsames Versuchsprogramm der Pflanzenschutzdienste von Bayern und Baden-Württemberg und der Universität Hohenheim statt [37]. Dabei wurden unterschiedliche Regulierungssysteme (gezielter Herbizideinsatz, angepasste mechanische Behandlung, Vorlage einer reduzierten Flächenbehandlung + Hackgeräteeinsatz, Herbizid-Bandbehandlung + Hackgeräteeinsatz) hinsichtlich Wirkung, Ertragsabsicherung und Ökonomik untersucht (Abb. 57).

Die Ergebnisse zeigten, dass die chemische Unkrautbekämpfung eine sehr sichere Wirkung, eine gute Absicherung des Ertragspotenzials und eine gute ökonomische Leistung bei einem geringen Arbeitszeitbedarf ermöglichte. Die rein mechanische Unkrautregulierung hatte dagegen eine nicht mehr befriedigende Wirkung, bei einer dennoch vergleichbaren Ertragsabsicherung und Wirtschaftlichkeit und hohem Arbeitszeitbedarf.



Abb. 57: Maishacke im Einsatz in BBCH 14-16 (Foto: Klaus Gehring, LfL)

Die kombinierten Verfahren konnten in der Wirkung, Ertragsabsicherung und Wirtschaftlichkeit überzeugen. Der Anspruch an die Arbeitskapazität war mit der rein mechanischen Unkrautregulierung vergleichbar. Bei einer ausreichenden Arbeitskapazität sind die kombinierten Verfahren aus ökonomischer und ökologischer Sicht besonders vorzüglich, da hier in der Gesamtbetrachtung eine gute Unkrautregulierung mit einer hohen Ertragsabsicherung bei einer Herbizidreduktion von 60 bis 80 % gegenüber der üblichen Einsatzintensität erreicht wird. Allerdings ist der Einsatz von Hackgeräten auf erosionsanfälligen Standorten nicht geeignet.

Praxiseinführung von Verfahren mit reduziertem Pflanzenschutzmitteleinsatz im Zuckerrübenanbau

Der Verband bayerischer Zuckerrübenanbauer erprobt in diesem Projekt auf inzwischen rund 200 ha Versuchsfläche zusammen mit Praxisbetrieben und verschiedenen Landtechnikfirmen die Verfahren "Bandspritze und Hacke" sowie "Spot-Spraying". In den großflächig angelegten Praxistests wird zudem die Machbarkeit im überbetrieblichen Einsatz ermittelt. Die LfL mit der Arbeitsgruppe Digital Farming beteiligt sich mit ausführlichen Akzeptanzanalysen zur betrieblichen und überbetrieblichen Nutzung dieser Verfahren.

Für das Projekt wird eine neuartige 36-reihige Bandspritze des Landtechnikherstellers Horsch-Leeb getestet. Über einen kameragesteuerten Verschieberahmen richtet sich das Spritzdüsegestänge automatisch exakt an den Rübenreihen aus. Im Anschluss an die Bandspritzung erfolgt der Einsatz eines 12-reihigen Hackgerätes, bei dem ein

kameragesteuerter Verschieberahmen die Hackaggregate exakt ausrichtet und so auch die Arbeit bei Nacht ermöglicht (Abb. 58).



Abb. 58 Die im Projekt verwendeten Geräte: 36-reihige Bandspritze (links) und 12-reihiges Hackgerät (rechts) (Fotos: Jakob Berg, Verband bayerischer Zuckerrübenanbauer)

Mit einer Spritzbandbreite von 20 cm und 50 cm Reihenabständen wird im Vergleich zur üblichen Flächenspritzung eine Mitteleinsparung von 60 % erzielt. In Exaktversuchen mit drei Behandlungsterminen mit Herbiziden zeigten Kombinationen von Bandspritze und Reihenhacke vergleichbare oder zum Teil bessere Ergebnisse bei der Unkrautkontrolle als die dreimalige Flächenspritzung [38]. Bei dem Verfahren können positive Nebeneffekte des Hackens auf den Rübenantrag genutzt werden (Aufbrechen von Bodenverkrustungen, Durchlüftung der oberen Bodenschicht, Anregung der Bodenmineralisation), welche allerdings je nach Jahr unterschiedlich ausgeprägt sein können. Dabei ist die Gefahr von Bodenerosion im Blick zu behalten. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass nachhaltige Strategien der Unkrautkontrolle aus Kombinationen von Flächenspritzung, Bandspritzung und Hacke bestehen, wobei die Flächenbehandlung zentral bleibt. Insbesondere deren größere Witterungsunabhängigkeit und die Heterogenität des Unkrautauftommens auf Praxisschlägen schränken die Machbarkeit des Systems "Bandspritze und Hacke" ein.

Auch das System „Spot Spraying“, also das punktgenaue Ausbringen von Pflanzenschutzmitteln wird erprobt. Dabei wird KI-gestützte Einzelpflanzenerkennung genutzt, so dass Herbizide nur auf die Beikräuter im Rübenbestand appliziert werden. Eine Vielzahl an Daten und Bildaufnahmen hilft, den Spot-Sprayer weiterzuentwickeln und die Güte der Einzelpflanzenerkennung zu fördern.

Während der Anwendungen werden Daten gesammelt, um die Wirtschaftlichkeit eines überbetrieblichen Einsatzes dieser Geräte zu bewerten. Die Arbeitsgruppe Digital Farming an der LfL analysiert die Akzeptanz zur betrieblichen und überbetrieblichen Nutzung dieser Verfahren bei den Betrieben. Insbesondere der höhere Kraftstoff- und Arbeitszeitbedarf bei dem Verfahren "Bandspritze und Hacke" sowie die größere Witterungsabhängigkeit können Hemmnisse bei der praktischen Umsetzung darstellen. Dies zeigte sich vor allem in den ersten beiden Projektjahren (2023, 2024) während länger anhaltender Regenperioden und folglich kurzen Zeitfenstern möglicher Feldbefahrung. Ferner ist der Erfolg des Verfahrens an wichtige pflanzenbauliche und reliefbedingte Voraussetzungen geknüpft.

3.3 Förderung

Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen

Die grüne Architektur der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) der EU zielt auf eine nachhaltigere Nutzung der natürlichen Ressourcen Boden, Wasser und Luft ab. Mit der Kopplung der Direktzahlungen an ökologische Leistungen und mit der Einführung der Öko-Regelungen („eco schemes“) wurde die Förderung der bayerischen Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen in der 2. Säule (Kulturlandschaftsprogramm (KULAP), Vertragsnaturschutzprogramm) weiterentwickelt. Bei der Weiterentwicklung des KULAP wurde darauf Wert gelegt, den Landwirten mit passenden Maßnahmen eine ökologische Aufwertung zu den Öko-Regelungen anzubieten. Das aktuelle KULAP hält Maßnahmen bereit, die den Verzicht auf Herbizide bzw. auf jeglichen chemisch-synthetische Pflanzenschutz in Wintergetreide und Winterraps fördern. Zusätzlich sind Förderungen möglich beim Verzicht auf Herbizide im Wein- und Hopfenbau, sowie auf Wiesen und Weiden. Tab. 19 gibt einen Überblick über die Maßnahmen mit PSM-Verzicht.

Tab. 19: Anzahl der Antragsteller und Maßnahmenfläche für KULAP-Maßnahmen mit PSM-Verzicht 2024

Maßnahme	Beschreibung	Antragsteller	Maßnahmenfläche (ha)
K18	Extensive Grünlandnutzung in sensiblen Gebieten	5.818	13.575
K40	Herbizidverzicht bei Wintergetreide/Winterraps	157	1.475
K42	Verzicht auf chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel bei Wintergetreide/ Winterraps	493	3.762
K50	Erosionsschutzstreifen	3.340	3.605
K51	Biodiversitätsstreifen	739	771
K52	Wildpflanzenmischungen	100	316
K56	Mehrjährige Blühflächen	2.387	3.956
K60	Feldvogelinseln (PSM-Verzicht vom 15.03. bis 30.06.)	12	19
K61	Verspätete Aussaat (PSM-Verzicht vom 15.03. bis 20.05.)	55	274
K70	Herbizidverzicht im Hopfenbau	35	637
K72	Herbizidverzicht im Weinbau	380	1.934

Einen weiteren Ausgleich gibt es bei der Kultur Mais für den Einsatz von Schlupfwespen (*Trichogramma*) als biologische Methode der Schädlingsbekämpfung. Im Jahr 2024 haben rund 2.200 Betriebe auf mehr als 42.300 ha Maisanbaufläche davon Gebrauch gemacht und auf diese Weise ihren Beitrag zu einer Reduzierung des Einsatzes von chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln geleistet.

Der ökologische Landbau hat in der bayerischen Agrarpolitik seit langem einen hohen Stellenwert. Die Ausweitung des Ökolandbaus, ein erklärtes Ziel der Staatsregierung, führt gleichzeitig zu einer Reduktion des chemisch-synthetischen Pflanzenschutzes. Im Rahmen des Bayerischen KULAP werden Ökobetriebe seit vielen Jahren finanziell intensiv unterstützt. Der Freistaat Bayern ist mit rund 11.900 Betrieben, die über 420.000 ha Öko-Fläche bewirtschaften, und über 4.700 Verarbeitern Deutschlands bedeutendstes Öko-Bundesland (2023).

Bayerisches Sonderprogramm Landwirtschaft Digital

Mittels digitaler Hack- und Pflanzenschutztechnik kann eine deutliche Reduzierung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes erreicht werden. Das im Rahmen der Digitalisierungsoffensive finanzierte Landesprogramm BaySL Digital unterstützt die Verbreitung der neuen, marktverfügbaren Technologien in der Praxis mit Investitionszuschüssen von bis zu 40 %. Gefördert werden Anschaffungen z.B. für Feldroboter, die automatisch Beikraut bekämpfen. Seit 2019 wurden für mehr als 600 Anträge rund 8 Mio. Euro an Fördermitteln bewilligt. Auf diese Weise sind in Bayern inzwischen etwa 85 „Hackroboter“ in Betrieb gegangen.

Haus- und Kleingarten

Das StMELF stellt für die Zertifizierung von Gärten über das Projekt „Bayern blüht - Naturgarten“ Fördermittel zur Verfügung. Die Zertifizierung erhalten lediglich Gärten, die nachhaltig und ökologisch bewirtschaftet werden. Dies beinhaltet den Verzicht auf chemisch-synthetischen Pflanzenschutz. Durch die Zusammenarbeit mit Obst- und Gartenbauvereinen und die begleitende Pressearbeit sollen diese Gärten als Multiplikator dienen und somit zur Reduktion des Pflanzenschutzmitteleinsatzes im Haus- und Kleingartenbereich beitragen. Bis zum Jahr 2024 wurden rund 2500 Gärten in Bayern als Naturgarten zertifiziert.

Waldbauliches Förderprogramm

Im Rahmen des waldbaulichen Förderprogrammes (WALDFÖPR) fördert der Freistaat Bayern Maßnahmen des integrierten Pflanzenschutzes zur Eindämmung von Schäden durch rindenbrütende Insekten wie die Vorbereitung und die Durchführung der insektizidfreien, waldschutzwirksamen Aufarbeitung oder Behandlung von Schadholz. Die Fördersätze betragen aktuell bis zu 10 Euro pro Festmeter außerhalb von Schutzwald und bis zu 80 Euro pro Festmeter im Schutzwald (Tab. 20).

Tab. 20: Förderung der insektizidfreien Borkenkäferbekämpfung von 2014 bis 2023

Jahr	Holzmenge (Festmeter)	Fördersumme (Euro)
2014	15.180	270.225
2015	4.401	75.315
2016	6.498	109.935
2017	187.785	1.039.981
2018	1.192.095	6.634.560
2019	3.495.057	39.890.764
2020	2.173.205	36.734.307
2021	1.514.023	20.630.419
2022	1.570.505	24.378.518
2023	1.183.803	18.199.796

4 Literatur

- [1] Bayerisches Landesamt für Statistik, „Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung in Bayern zum Stichtag 31. Dezember 2023,“ 2024.
- [2] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, „Ergebnisdatenbank, Tabelle 1.01 Waldspezifikation und Tabelle 3.01 Holzvorrat nach Land und Eigentumsart,“ [Online]. Available: <https://bwi.info/>. [Zugriff am 3 Juli 2025].
- [3] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, „Der Wald in Deutschland, Ausgewählte Ergebnisse zur vierten Bundeswaldinventur,“ [Online]. Available: https://www.bundeswaldinventur.de/fileadmin/Projekte/2024/bundeswaldinventur/Downloads/BWI-2022_Broschuere_bf-neu_01.pdf. [Zugriff am 3 Juli 2025].
- [4] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, „Ergebnisdatenbank, Tabelle 1.02 Waldfläche nach Land und Eigentumsart,“ [Online]. Available: <https://bwi.info/>. [Zugriff am 3 Juli 2025].
- [5] Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, „Der Gartenbau in Bayern 2020,“ Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München, 2021.
- [6] N. Petzke, B. König und W. Bokelmann, „Bundesweite Befragung zur Anwendung von Pflanzenschutzmitteln im Haus- und Kleingartenbereich,“ Humboldt-Innovation GmbH, Berlin, 2017.
- [7] M. Henze, „Sektorspezifische Leitlinie zum integrierten Pflanzenschutz im Garten-, Landschafts- und Sportplatzbau,“ Bundesverband Garten-, Landschafts- und Sportplatzbau e.V, Bad Honnef, 2017.
- [8] Pflanzenschutzdienste der Länder, „Einheitliche Kriterien für die Genehmigung von Anträgen auf eine Ausnahmegenehmigung zur Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel gemäß § 12 Absatz 2 Pflanzenschutzgesetz,“ 2016.
- [9] LTZ Augustenberg, „Die allgemeinen Grundsätze des integrierten Pflanzenschutzes - Hilfe zur Umsetzung und Dokumentation,“ 2021. [Online]. Available: https://www.nap-pflanzenschutz.de/fileadmin/SITE_MASTER/content/IPS/Integrierter_Pflanzenschutz/grundsaeetze-ips.pdf. [Zugriff am 20 03 2022].
- [10] Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, „Absatz an Pflanzenschutzmitteln in der Bundesrepublik Deutschland - Ergebnisse der Meldungen gemäß § 64 Pflanzenschutzgesetz für das Jahr 2023,“ Braunschweig, 2024.
- [11] S. Dachbrodt-Saaydeh, B. Klocke, S. Krenzel-Horne und J. Schwarz, „Die Quote der Einhaltung des notwendigen Maßes 2021,“ in *Jahresbericht 2022 Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln*, Bonn, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) Referat 713 – Pflanzenschutz, 2023.
- [12] Julius Kühn-Institut (JKI) Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, „Panel Pflanzenschutzmittel-Anwendungen,“ [Online]. Available: <https://papa.juliuskuehn.de/>. [Zugriff am 28 08 2023].

- [13] Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, „Harmonisierte Risikoindikatoren,“ [Online]. Available: https://www.bvl.bund.de/DE/Arbeitsbereiche/04_Pflanzenschutzmittel/01_Aufgaben/02_ZulassungPSM/06_HarmonisierteRisikoindikatoren/psm_HRI_node.html. [Zugriff am 28.08.2025].
- [14] Umweltbundesamt, „Auf dem Weg zu einem nachhaltigen Pflanzenschutz Bewertung des Verordnungsentwurfs zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln 2022/0196 (COD) mit Fokus auf den Umweltschutz,“ Dessau, 2022.
- [15] Miljøstyrelsen, „The Agricultural Pesticide Load in Denmark 2007-2010, Environmental review no. 2, 2012,“ Institute of Food and Resource Economics (Fødevareøkonomisk Institut), KU LIFE, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet (DJF Århus Universitet) and The Danish Environmental Protection Agency (Miljøstyrelsen), 2012.
- [16] L. Gensch, K. Jantke, L. Rasche und U. A. Schneider, „Pesticide risk assessment in European agriculture: Distribution patterns, ban-substitution and regulatory implications,“ *Environmental Pollution*, Bd. 348, Nr. 123836, 2024.
- [17] K. Lewis, J. Rainford, J. Tzilivakis und D. Garthwaite, „Application of the Danish pesticide load indicator to arable agriculture in the United Kingdom,“ *Journal of Environmental Quality*, Bd. 50, Nr. 5, 2021.
- [18] F. Witte, C. Sponagel und E. Bahrs, „Reduction potentials of chemical-synthetic pesticides – A case study using the example of an Eco-Scheme in southern Germany,“ *Farming System*, Bd. 2, Nr. 4, 2024.
- [19] D. Roßberg, S. Dachbrodt-Saaydeh und J. Helbig, „NEPTUN, PAPA, Vergleichs- & Demobetriebe oder Wer hat da noch den Durchblick?,“ *Gesunde Pflanzen*, Bd. 70.
- [20] Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus, „Bericht zur Reduktion des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln in Bayern,“ München, 2024.
- [21] P. Kudsk, L. Nistrup Jørgensen und J. E. Ørum, „Pesticide Load—A new Danish pesticide risk indicator with multiple applications,“ *Land Use Policy*, Bd. 70, 2018.
- [22] R Core Team, „R: A language and environment for statistical computing,“ Wien, 2022.
- [23] Posit team, „RStudio: Integrated Development Environment for R,“ Boston.
- [24] N. Möhring, P. Kudsk, L. N. Jørgensen, J. E. Ørum und R. Finger, „An R package to calculate potential environmental and human health risks from pesticide applications using the ‘Pesticide Load’ indicator applied in Denmark,“ *Computers and Electronics in Agriculture*, Bd. 191, 2021.
- [25] K. A. Lewis, J. Tzilivakis, D. J. Warner und A. Green, „An international database for pesticide risk assessments and management,“ *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, Bd. 22, 2016.
- [26] Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), *Bericht zur Grundwasserbeschaffenheit in Deutschland. Pflanzenschutzmittelwirkstoffe und Metaboliten. Funde und Tendenzen. Berichtszeitraum 2017 bis 2021.*, Potsdam, 2024.
- [27] K. Bork, *Behandlung von Rüsselkäferbefall in Kulturen*, 2023.

- [28] A. e. a. Hahn, „Die Pflanzenschutzmitteleinsätze gegen den Schwammspinner in Franken in den Jahren 2018 bis 2020,“ *Die Eiche. Facetten zu Ökologie, Naturschutz, Wachstum und waldbauliche Perspektiven*, pp. 260-289, 2021.
- [29] Bayerische Vermessungsverwaltung, „geodaten.bayern.de,“ [Online]. Available: <https://geodaten.bayern.de/opengeodata/OpenDataDetail.html?pn=tatsaechlichenutzung>. [Zugriff am 11 04 2023].
- [30] Statistisches Bundesamt, „Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung 2016-2021,“ Statistisches Bundesamt, [Online]. Available: <https://www-genesis.destatis.de/genesis//online?operation=table&code=33111-0002&bypass=true&levelindex=1&levelid=1681401871544#abreadcrumb>. [Zugriff am 13 04 2023].
- [31] Bayerisches Landesamt für Statistik, „Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung in Bayern zum Stichtag 31. Dezember 2021,“ Bayerisches Landesamt für Statistik, Fürth, 2022.
- [32] BUND, „Pestizidfreie Kommunen: Es tut sich was,“ 2022. [Online]. Available: bund.net/pestizidfreie_kommune. [Zugriff am 17 05 2023].
- [33] Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, „Genehmigungsverfahren nach § 12 Abs. 2 Pflanzenschutzgesetz,“ LfL, 10 11 2022. [Online]. Available: <https://www.lfl.bayern.de/ips/recht/019821/index.php>. [Zugriff am 28 03 2023].
- [34] Eisenbahn-Bundesamt, „Thema: Umweltschutz,“ [Online]. Available: https://www.eba.bund.de/DE/Themen/Umwelt/umwelt_node.html. [Zugriff am 29 08 2025].
- [35] Deutsche Bahn, „Integrierter Bericht,“ 2023. [Online]. Available: https://ir.deutschebahn.com/fileadmin/Deutsch/2024/DB_IB23_d_web_01.pdf. [Zugriff am 19 09 2024].
- [36] M. Schulz und M. Göttl, „Hochpräzise und selektive Einzelpflanzenbehandlung im Gemüsebau auf Basis Künstlicher Intelligenz,“ Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG), Veitshöchheim, 2023.
- [37] Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, „Jahresbericht 2022 – Vergleich unterschiedlicher Unkrautregulierungssysteme im Maisanbau,“ 28 03 2023. [Online]. Available: <https://www.lfl.bayern.de/ips/ueberuns/325855/index.php>. [Zugriff am 02 05 2023].
- [38] J. Berg, H. Ring und H. Bernhardt, *Combined Mechanical–Chemical Weed Control Methods in Post-Emergence Strategy Result in High Weed Control Efficacy in Sugar Beet*, Bd. 15, 2025.