

# **Aktuelle Bedeutung und Möglichkeiten der Reduktion des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln mit höherem Risiko in der Landwirtschaft**

Akronym: ReduktionPSM

**Endbericht**

zur Veröffentlichung bestimmt



**Das Kapitel 3 „Aktuelle Bedeutung der Substitutionskandidaten“ und das Kapitel 6 „Auswirkungen einer Reduktion der Substitutionskandidaten auf die Farm to Fork-Indikatoren“ basieren auf Inverkehrbringungsmengen von Pflanzenschutzmitteln. Der vollständige Abschlussbericht wurde den Auftraggebern zur Verfügung gestellt. Diese Fassung enthält keine dem Datenschutz unterliegenden Daten und ist zur Veröffentlichung bestimmt.**

## Impressum

Projektnehmer/in: Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH

Adresse: Spargelfeldstraße 191, 1220 Wien

Projektleiter: DI Gottfried Besenhofer - Institut für Pflanzenschutzmittel

Telefon: 050 555 33405

E-Mail: [pflanzenschutzmittel@ages.at](mailto:pflanzenschutzmittel@ages.at)

Projektmitarbeiter/in:

Dr. Swen Follak - Institut für Nachhaltige Pflanzenproduktion

DI Julia Kauschitz - Institut für Nachhaltige Pflanzenproduktion

DDI Lisa Sitavanc - Institut für Pflanzenschutzmittel

Finanzierungsstellen: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft und die Bundesländer

Projektlaufzeit: 01.05.2021 - 30.04.2023

Fotonachweis: Gottfried Besenhofer

Alle Rechte vorbehalten.



Wien, am 30. April 2023

## Inhalt

<b>1 Einleitung</b> .....	<b>5</b>
1.1 Hintergrund und Ziele der Studie .....	5
<b>2 Substitutionskandidaten in der EU-Verordnung 1107/2009</b> .....	<b>8</b>
2.1 Kriterien für die Einstufung als Substitutionskandidat.....	8
2.2 Liste der Substitutionskandidaten.....	9
2.3 Laufende Neubewertung von Wirkstoffen auf EU-Ebene.....	12
2.4 Vergleichende Bewertung in der Produktzulassung auf nationaler Ebene.....	13
<b>3 Aktuelle Bedeutung der Substitutionskandidaten</b> .....	<b>14</b>
3.1 In Österreich verfügbare Pflanzenschutzmittel mit Substitutionskandidaten.....	14
3.2 Wirkungsweise und Zulassungsumfang der Substitutionskandidaten.....	16
3.3 Bedeutung der Substitutionskandidaten auf Basis der Inverkehrbringungsmengen ....	18
3.4 Bedeutung der Substitutionskandidaten auf Basis der behandelten Fläche .....	21
<b>4 Green Deal und harmonisierte Risikoindikatoren</b> .....	<b>25</b>
4.1 Ziele und Messgrößen des Green Deals .....	25
4.2 Harmonisierter Risikoindikator 1 als Messgröße für die Risiken von Pflanzenschutzmitteln .....	26
4.3 Farm to Fork-Indikatoren als Messgröße zur Erreichung der Ziele des Green Deals.....	29
<b>5 Bewertung der Substitutionskandidaten betreffend Ersetzbarkeit</b> .....	<b>32</b>
5.1 Allgemeine Vorgangsweise.....	32
5.2 Kulturen .....	32
5.3 Insektizide.....	33
5.4 Fungizide.....	44
5.5 Herbizide.....	65
5.6 Sonstige Wirkungstypen.....	72
<b>6 Auswirkungen einer Reduktion der Substitutionskandidaten auf die Farm to Fork- Indikatoren</b> .....	<b>74</b>

6.1 Abschätzung des Reduktionspotentials nach Substitutionskandidat und Wirkungstyp	74
6.2 Auswirkungen auf die Farm to Fork-Indikatoren .....	76
<b>7 Umsetzung der Ergebnisse in die Praxis.....</b>	<b>79</b>
<b>8 Zusammenfassung.....</b>	<b>82</b>
<b>9 Anhang.....</b>	<b>87</b>
Anhang A: Bewertung der Substitutionskandidaten.....	87
Anhang B: Wirkstoffbeschreibungen .....	87
<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>88</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>89</b>
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>91</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Hintergrund und Ziele der Studie

Im Juni 2011 wurde mit der EU-Verordnung 1107/2009<sup>1</sup> eine neue Rechtsbasis für die Genehmigung von Wirkstoffen und die Zulassung von Pflanzenschutzmitteln eingeführt. Mit dieser Verordnung wurde erstmals auch das Substitutionsprinzip im Pflanzenschutzbereich etabliert. Genehmigte Wirkstoffe mit bestimmten Eigenschaften sollen als Substitutionskandidaten identifiziert und durch andere Wirkstoffe, die weniger Risikominderung erfordern oder durch nicht-chemische Methoden ersetzt werden.

Im Jahr 2015 wurde eine Liste von 77 Substitutionskandidaten veröffentlicht. Pflanzenschutzmittel, die diese Wirkstoffe beinhalten, müssen bei einer Neuzulassung und bei einer Erneuerung der Zulassung das neue Verfahren der vergleichenden Bewertung durchlaufen. Zusätzlich ist die Genehmigungsdauer des Wirkstoffs auf EU-Ebene auf sieben Jahre beschränkt.

Der europäische Green Deal, ein Paket politischer Initiativen, wurde im Jahr 2019 von der EU-Kommission vorgestellt. In der Farm to Fork-Strategie („Vom Hof auf den Tisch“) wurden spezifische Ziele im Pflanzenschutz definiert. Neben der Reduktion des Einsatzes und des Risikos von chemischen Pflanzenschutzmitteln um 50 % bis zum Jahr 2030 (Farm to Fork-Ziel 1, F2F-1) wurde als weiteres Ziel festgelegt, den Einsatz von gefährlicheren Pflanzenschutzmitteln um 50 % zu senken (Farm to Fork-Ziel 2, F2F-2). Gefährlichere Pflanzenschutzmittel sind in diesem Zusammenhang solche, die einen Wirkstoff enthalten, der nach der EU-Verordnung 1107/2009 als Substitutionskandidat eingestuft ist.

Die Kernpunkte dieser Studie lauten wie folgt:

1. Darstellung der aktuellen Bedeutung der Substitutionskandidaten für die österreichische Landwirtschaft.
2. Erstellung einer Übersicht über die Möglichkeiten, den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, die Substitutionskandidaten enthalten, durch andere Pflanzenschutzmittel und/oder andere Pflanzenschutzmaßnahmen zu reduzieren.

---

<sup>1</sup> Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln und zur Aufhebung der Richtlinien 79/117/EWG und 91/414/EWG des Rates

Die vorliegende Studie wird auf Basis von Daten zur Inverkehrbringung von Pflanzenschutzmitteln und den Ergebnissen zur Verwendung von Pflanzenschutzmitteln, die im Zuge der Umsetzung der EU-Statistikverordnung Nr. 1185/2009<sup>2</sup> erarbeitet worden sind, erstellt. Des Weiteren fließen Daten aus dem Pflanzenschutzmittelregister sowie die Ergebnisse eines Workshops mit Pflanzenschutzexpert:innen in die Analyse zur Substituierbarkeit ein.

Die Ergebnisse der Studie sollen eine fachlich fundierte Grundlage zur Überarbeitung des Nationalen Aktionsplanes Pflanzenschutz sowie für die Ausarbeitung einer Strategie zur Erreichung der Farm to Fork-Ziele bieten. Die erstellten Empfehlungen bzw. Maßnahmvorschläge sollen weiters direkt in die Beratung der Anwender:innen und somit in die Praxis einfließen können.

Bei der Konzeption dieser Studie wurde der Fokus auf die Substitutionskandidaten gelegt, um zum einen das zweite Ziele der EU-Strategie direkt zu adressieren und zum anderen, um damit auch einen Beitrag zur Erreichung des ersten Zieles zu leisten.

### **Fokus auf Substitutionskandidaten und der Zusammenhang mit den harmonisierten Risikoindikatoren**

In der Farm to Fork-Strategie wurden zwei Ziele im Bereich Pflanzenschutz definiert. Für die Erreichung des ersten Zieles – 50 % Reduktion von Einsatz und Risiko – werden als Maßstab harmonisierte Risikoindikatoren herangezogen. In diese Indikatoren fließen die Wirkstoffmengen der Inverkehrbringung und die Einstufung der Wirkstoffe auf Basis eines Punktesystems ein. Substitutionskandidaten werden dabei mit einem deutlich höheren Faktor gewichtet als normal genehmigte Wirkstoffe. Das zweite Ziel der Farm to Fork-Strategie – 50 % Reduktion des Einsatzes von gefährlicheren Pflanzenschutzmitteln – zielt explizit auf Substitutionskandidaten ab. Der entsprechende Farm to Fork Indikator 2 basiert auf der in Verkehr gebrachten Wirkstoffmenge von Substitutionskandidaten.

### **Entwurf einer neuen Verordnung zur Verwendung von Pflanzenschutzmitteln**

Während der Projektlaufzeit hat die EU-Kommission am 22. Juni 2022 einen Vorschlag für eine Verordnung<sup>3</sup> über die Verwendung von Pflanzenschutzmitteln vorgelegt. Diese Verordnung soll die bestehende Richtlinie 2009/128<sup>4</sup> zur nachhaltigen Verwendung von Pflanzenschutzmitteln ersetzen. Der Entwurf greift die in der Farm to Fork-Strategie

---

<sup>2</sup> Verordnung (EG) Nr. 1185/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. November 2009 über Statistiken zu Pestiziden

<sup>3</sup> Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the sustainable use of plant protection products and amending Regulation (EU) 2021/2115, [https://food.ec.europa.eu/system/files/2022-06/pesticides\\_sud\\_eval\\_2022\\_reg\\_2022-305\\_en.pdf](https://food.ec.europa.eu/system/files/2022-06/pesticides_sud_eval_2022_reg_2022-305_en.pdf)

<sup>4</sup> Richtlinie 2009/128/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 über einen Aktionsrahmen der Gemeinschaft für die nachhaltige Verwendung von Pestiziden

formulierten Ziele zur Reduktion des Einsatzes und des Risikos von Pflanzenschutzmitteln sowie die Reduktion des Einsatzes von gefährlicheren Pflanzenschutzmitteln in rechtlich verbindlicher Form auf. Die Verhandlungen im Europäischen Rat waren zum Zeitpunkt der Erstellung des Endberichts noch im Gange.

### **Aufbau der vorliegenden Studie**

Im ersten Teil der Studie wird die Ist-Situation beschrieben. Es erfolgt die Darstellung der rechtlichen Basis und die Auflistung der aktuell als Substitutionskandidaten eingestuftem Wirkstoffe. Anschließend wird die Bedeutung der Substitutionskandidaten in der Landwirtschaft in Österreich ausgearbeitet. Der Einfluss der Substitutionskandidaten auf die Risikoindikatoren, die als Messgröße zur Erreichung der Ziele des Green Deals dienen, wird beschrieben.

Im zweiten Teil der Studie wird für die aktuell als Substitutionskandidaten eingestuftem Wirkstoffe die Ersetzbarkeit in der landwirtschaftlichen Praxis detailliert geprüft und erläutert. Die Auswirkungen einer Reduzierung des Einsatzes der Substitutionskandidaten auf die Risikoindikatoren werden abgeschätzt und abschließend Möglichkeiten zur Umsetzung der Projektergebnisse in die Praxis aufgezeigt.

# 2 Substitutionskandidaten in der EU-Verordnung 1107/2009

Der Begriff Substitution wurde im Pflanzenschutz erstmals mit der EU-Verordnung 1107/2009<sup>5</sup> im Jahr 2011 eingeführt. In anderen Rechtsbereichen wie etwa dem Biozid- oder Chemikalienrecht ist dieses Prinzip schon länger etabliert. Grundsätzlich liegt das Ziel der Substitution darin, Wirkstoffe mit unerwünschten Eigenschaften zu identifizieren und in weiterer Folge zu ersetzen. Die Alternativen können andere Wirkstoffe sein, die weniger risikomindernde Maßnahmen erfordern, oder auch nicht-chemische Methoden der Bekämpfung oder Prävention.

## 2.1 Kriterien für die Einstufung als Substitutionskandidat

Die Kriterien, wann ein Wirkstoff als Substitutionskandidat einzustufen ist, sind im Anhang II Nummer 4 der EU-Verordnung 1107/2009 aufgelistet. Ein Wirkstoff wird dann als Substitutionskandidat eingestuft, wenn eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:

- seine ADI-, ARfD- oder AOEL-Werte liegen signifikant niedriger als die der Mehrheit der zugelassenen Wirkstoffe innerhalb der Stoffgruppen/Verwendungsbereiche;
- er erfüllt zwei der Kriterien für die Einstufung als PBT-Stoff;
- im Zusammenhang mit der Art der kritischen Effekte (wie Entwicklungsneurotoxizität und -immuntoxizität), die in Kombination mit Verwendungs-/Expositionsmustern bedenklich sind, besteht selbst bei sehr restriktiven Risikomanagementmaßnahmen (z. B. umfassende persönliche Schutzausrüstung oder sehr große Pufferzonen) Anlass zur Besorgnis (beispielsweise ein hohes potenzielles Risiko für das Grundwasser);
- er enthält einen signifikanten Anteil nicht-aktiver Isomere;
- er ist gemäß den Bestimmungen der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008<sup>6</sup> als karzinogene Substanz der Kategorie 1A oder 1B eingestuft oder einzustufen, falls der betreffende Stoff nicht gemäß den Kriterien in Nummer 3.6.3 ausgeschlossen wurde;

---

<sup>5</sup> Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln und zur Aufhebung der Richtlinien 79/117/EWG und 91/414/EWG des Rates

<sup>6</sup> Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006

- er ist gemäß den Bestimmungen der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008<sup>7</sup> als reproduktionstoxische Substanz der Kategorie 1A oder 1B eingestuft oder einzustufen, falls der betreffende Stoff nicht gemäß den Kriterien in Nummer 3.6.4 ausgeschlossen wurde;
- wenn auf der Grundlage der von der Behörde überprüften Auswertung von Versuchen nach gemeinschaftlich oder international akzeptierten Leitlinien, oder von anderen verfügbaren Daten und Informationen festgestellt wird, dass er negative endokrine Eigenschaften besitzt, die schädliche Auswirkungen auf den Menschen haben können, falls der betreffende Stoff nicht gemäß den Kriterien in Nummer 3.6.5 ausgeschlossen wurde.

Es ist zu beachten, dass Substitutionskandidaten ausnahmslos genehmigte Wirkstoffe sind und alle Anforderungen für die Genehmigung für Wirkstoffe auf EU-Ebene erfüllen.

Pflanzenschutzmittel, die Substitutionskandidaten als Wirkstoffe enthalten, werden nur dann zugelassen, wenn alle spezifischen Zulassungsanforderungen erfüllt sind.

Pflanzenschutzmittel, die Substitutionskandidaten enthalten, weisen bei sachgerechter Anwendung unter Beachtung der Anwendungsvorschriften und Auflagen kein Risiko für den Anwender und den Konsumenten sowie kein unannehmbares Risiko für die Umwelt auf. Aufgrund der spezifischen Wirkstoffeigenschaften der Substitutionskandidaten können zusätzliche Maßnahmen zur Risikominderung (z.B. Abstandsaufgaben zu Oberflächengewässern) erforderlich sein.

## 2.2 Liste der Substitutionskandidaten

Im Artikel 80 Absatz 7 der EU-Verordnung 1107/2009 wurde festgelegt, dass die EU-Kommission bis zum 14. Dezember 2013 eine Liste von Wirkstoffen erstellt, die als Substitutionskandidaten eingestuft sind. Die Veröffentlichung einer Liste der als Substitutionskandidaten eingestuften Wirkstoffe fand jedoch erst im Jahr 2015 statt, und zwar mit der Durchführungsverordnung (EU) 2015/408<sup>8</sup>. 77 Wirkstoffe sind in dieser Liste

---

<sup>7</sup> Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006

<sup>8</sup> Durchführungsverordnung (EU) 2015/408 der Kommission vom 11. März 2015 zur Durchführung des Artikels 80 Absatz 7 der Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln und zur Erstellung einer Liste mit Substitutionskandidaten

enthalten. In dieser Verordnung ist auch für jeden genannten Wirkstoff angeführt, welche spezifischen Stoffeigenschaften zur Einstufung als Substitutionskandidat geführt haben.

Die Liste der Substitutionskandidaten wurde mit weiteren Durchführungsverordnungen aktualisiert. Eine Aufstellung ist in der Tabelle 1 angeführt.

Tabelle 1: Durchführungsverordnungen (EU) zur Aktualisierung der Liste der Substitutionskandidaten (Stand 15.03.2023), Quelle: EUR-Lex (2023).

<b>Verordnung</b>
Durchführungsverordnung (EU) 2017/2065 der Kommission vom 26.06.2019
Durchführungsverordnung (EU) 2019/1085 der Kommission vom 26.06.2019
Durchführungsverordnung (EU) 2020/1295 der Kommission vom 17.09.2020
Durchführungsverordnung (EU) 2021/1177 der Kommission vom 19.07.2021
Durchführungsverordnung (EU) 2022/43 der Kommission vom 14.01.2022
Durchführungsverordnung (EU) 2022/1252 der Kommission vom 19.07.2022

Mit Stand April 2023 sind insgesamt 51 Wirkstoffe EU-weit als Substitutionskandidaten eingestuft. 37 Wirkstoffe sind in Österreich in zugelassenen Pflanzenschutzmitteln enthalten (Tabelle 2, Tabelle 3).

Tabelle 2: Substitutionskandidaten, die in zugelassenen Pflanzenschutzmitteln in Österreich enthalten sind (Stand April 2023), Quelle: Pflanzenschutzmittelregister (2023), EU Pesticides Database (2023).

<b>Nr.</b>	<b>Wirkstoff</b>	<b>Nr.</b>	<b>Wirkstoff</b>
1	8-Hydroxychinolin	20	Kupferhydroxid
2	Aclonifen	21	Kupferoxychlorid
3	Benzovindiflupyr	22	Kupfersulfat, tribasisch
4	Bromuconazol	23	Lambda-Cyhalothrin
5	Chlortoluron	24	Lenacil
6	Cypermethrin	25	Metalaxyl
7	Cyprodinil	26	Metconazol

8	Difenoconazol	27	Metribuzin
9	Diflufenican	28	Metsulfuron-methyl
10	Dimoxystrobin	29	Nicosulfuron
11	Emamectin	30	Paclobutrazol
12	Esfenvalerat	31	Pendimethalin
13	Etofenprox	32	Pirimicarb
14	Fludioxonil	33	Propyzamid
15	Flufenacet	34	Prosulfuron
16	Fluopicolid	35	Tebuconazol
17	Gamma-cyhalothrin	36	Tembotrion
18	Imazamox	37	Ziram
19	Ipconazol		

Tabelle 3: Substitutionskandidaten, die in Österreich zurzeit nicht in zugelassenen Pflanzenschutzmitteln enthalten sind (Stand April 2023), Quelle: Pflanzenschutzmittelregister (2023), EU Pesticides Database (2023).

Nr.	Wirkstoff	Nr.	Wirkstoff
1	Diclofop	8	Metam
2	Etoxazol	9	Methoxyfenozid
3	Fluometuron	10	Oxamyl
4	Flurochloridon	11	Oxyfluorfen
5	Halosulfuron-methyl	12	Sulcotrion
6	Kupferkalkbrühe (Bordeauxbrühe)	13	Tebufenpyrad
7	Kupferoxid	14	Triallat

## 2.3 Laufende Neubewertung von Wirkstoffen auf EU-Ebene

Die Genehmigung von Wirkstoffen auf EU-Ebene erfolgt für einen bestimmten Zeitraum. Die Geltungsdauer richtet sich in der EU-Gesetzgebung nach dem Gefahrenpotential, welches mit der Verwendung dieser Stoffe verbunden ist. Sie beträgt in der Regel 10 Jahre für die Erstgenehmigungen und jeweils 15 Jahre für Verlängerungen. Bei Wirkstoffen mit geringem Risiko wird bereits die Erstgenehmigung für einen Zeitraum von 15 Jahren erteilt. Substitutionskandidaten werden für maximal sieben Jahre genehmigt, die Wiedergenehmigung ist ebenfalls auf jeweils sieben Jahre beschränkt.

Um eine Wirkstoffgenehmigung zu verlängern, muss der Zulassungsinhaber einen Antrag auf Erneuerung der Genehmigung stellen. Die Neubewertung des Wirkstoffs erfolgt nach dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik auf der Grundlage der aktuellen Datenanforderungen. Der Antragsteller muss dem Antrag entsprechende Unterlagen beifügen. Wird kein Antrag auf erneute Genehmigung gestellt, erlischt die Genehmigung des Wirkstoffs.

Das Ergebnis der Neubewertung eines Wirkstoffs ist offen. Nur wenn alle Datenanforderungen und Kriterien erfüllt sind, wird das Verfahren positiv abgeschlossen. Im Rahmen der Bewertung ist grundsätzlich auch eine Umstufung in eine andere Wirkstoffkategorie möglich. So wurde die Genehmigung des Wirkstoffs Cypermethrin am 1. Februar 2022 verlängert, dieser ist nun aber als Substitutionskandidat eingestuft. Der umgekehrte Fall ist eher die Ausnahme, aber dennoch möglich: Ein Beispiel dafür ist der Wirkstoff Flumioxazin. Dieser Wirkstoff war seit 2015 als Substitutionskandidat gelistet. Im Zuge der am 1. März 2022 abgeschlossenen Neubewertung hat Flumioxazin die Einstufung als Substitutionskandidat verloren.

Die Liste der Substitutionskandidaten ist daher aufgrund der Neu- bzw. Neubewertung von Wirkstoffen Veränderungen unterworfen. In diesem Projekt wurden für die 37 Substitutionskandidaten (Stand April 2023) die Bedeutung und die Ersetzbarkeit ausgearbeitet. Änderungen in der Einstufung der Substitutionskandidaten während der Projektlaufzeit wurden berücksichtigt, sofern diese nicht unmittelbar vor Projektabschluss wirksam wurden.

Es ist jedoch zu beachten, dass neue Substitutionskandidaten oder auch deren Wegfall unmittelbar zu Veränderungen in der Bedeutung und in der Bewertung der Ersetzbarkeit der bestehenden Substitutionskandidaten führen kann.

## 2.4 Vergleichende Bewertung in der Produktzulassung auf nationaler Ebene

Nach der EU-VO 1107/2009 ist für Pflanzenschutzmittel, die einen oder mehrere Substitutionskandidaten als Wirkstoffe enthalten, das Verfahren zur vergleichenden Bewertung zwingend durchzuführen. Das Verfahren wird entsprechend der Leitlinie SANCO/11507/2013 rev. 12<sup>9</sup> abgewickelt.

Diese vergleichende Bewertung wird seit Veröffentlichung der ersten Liste von Substitutionskandidaten im Jahr 2015 bei jedem Antrag auf Zulassung eines Pflanzenschutzmittels, welches zumindest einen Substitutionskandidaten enthält, durchgeführt. Bisher hat keine dieser vergleichenden Bewertungen zu einer vollständigen Substitution geführt. In einzelnen Fällen wurden Indikationen des beantragten Pflanzenschutzmittels als substituierbar bewertet.

Der Hauptgrund für die niedrige Anzahl von Substitutionen liegt in der mangelnden Verfügbarkeit von alternativen Wirkstoffen. In Spezialkulturen mit geringem Anbauumfang (sog. Lückenindikationen) sind oftmals keine alternativen Wirkstoffe verfügbar. In den Hauptkulturen ist vielfach die Anzahl der unterschiedlichen Wirkmechanismen ohne den jeweiligen Substitutionskandidaten zu niedrig, um ein effektives und nachhaltiges Resistenzmanagement durchführen zu können. Es besteht die Gefahr, dass Schadorganismen gegen die verbliebenen Wirkstoffe Resistenzen ausbilden. Ein weiterer Aspekt – insbesondere bei der Kontrolle von pilzlichen Krankheiten und Schädlingen – liegt am Fehlen von ausreichend wirksamen nicht-chemischen Methoden.

---

<sup>9</sup> Draft Guidance document on Comparative Assessment and Substitution of Plant Protection Products in accordance with Regulation (EC) No 1107/2009

# 3 Aktuelle Bedeutung der Substitutionskandidaten

## 3.1 In Österreich verfügbare Pflanzenschutzmittel mit Substitutionskandidaten

Mit Stand April 2023 sind in Österreich 242 Pflanzenschutzmittel zugelassen, die einen oder mehrere als Substitutionskandidaten eingestufte Wirkstoffe enthalten (Abbildung 1). In der Anzahl der Zulassungen sind Vertriebsweiterungen, Parallelzulassungen und Notfallzulassungen nicht enthalten.

Die Anzahl der zugelassenen Pflanzenschutzmittel liegt für die einzelnen Wirkstoffe zwischen 1 und 32 (Abbildung 1). Die Bedeutung der einzelnen Wirkstoffe in der landwirtschaftlichen Praxis kann daraus aber nicht direkt abgeleitet werden. Für viele der angeführten Wirkstoffe sind aufgrund des bereits abgelaufenen Patentschutzes zahlreiche Generikaprodukte mit gleichen/ähnlichen Formulierungen auf dem Markt. Beispielsweise gibt es aktuell 17 Pflanzenschutzmittel, die den Wirkstoff Flufenacet enthalten. Sechs davon enthalten den Wirkstoff als Soloformulierung und decken damit das gleiche Wirkungsspektrum ab.

Es wird darauf hingewiesen, dass eine bestehende Zulassung nicht automatisch bedeutet, dass ein Pflanzenschutzmittel in Österreich vermarktet wird.

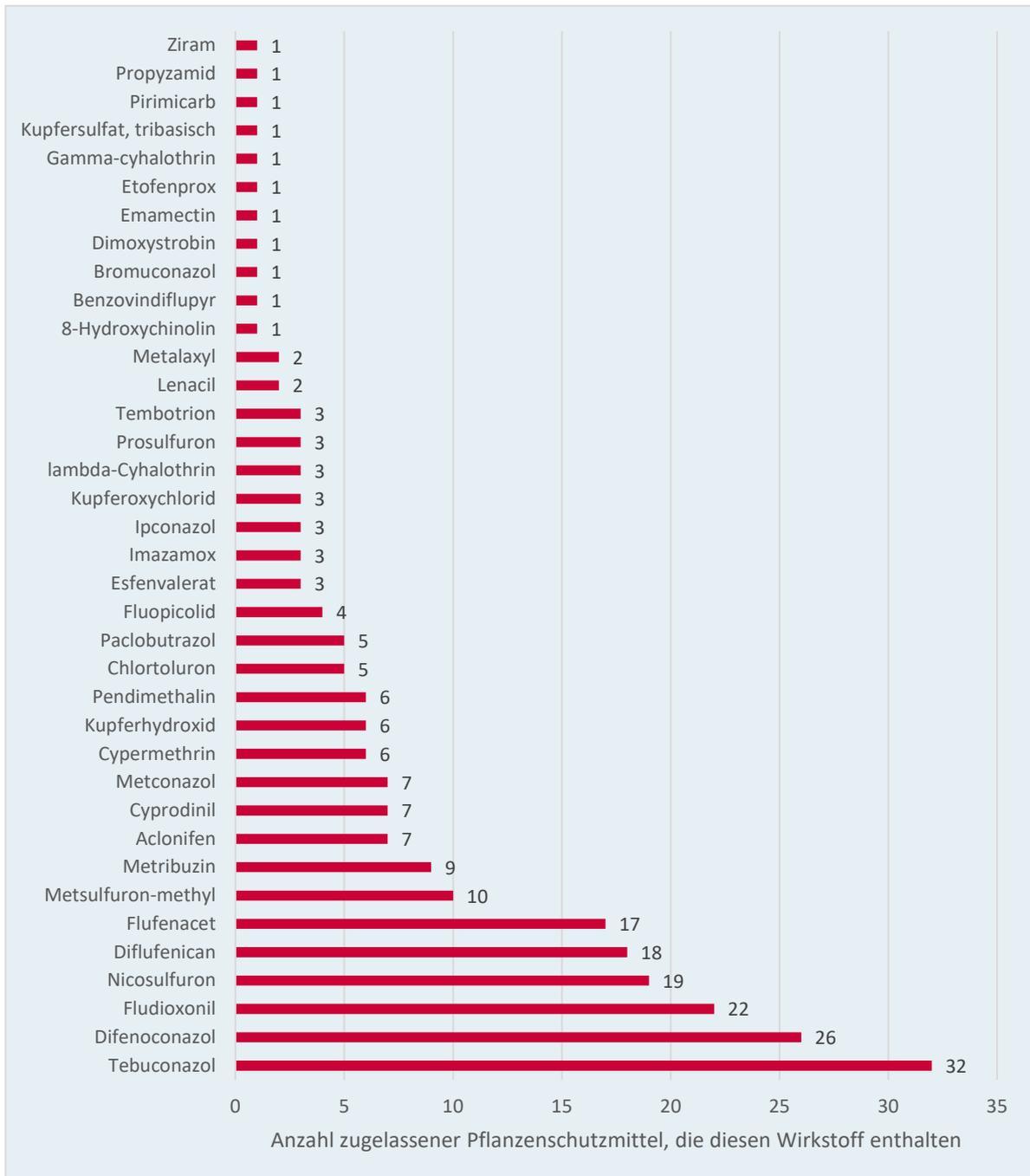


Abbildung 1: Anzahl der in Österreich zugelassenen Pflanzenschutzmittel, die einen als Substitutionskandidaten eingestuften Wirkstoff enthalten (Stand März 2023), Quelle: Pflanzenschutzmittelregister (2023), EU Pesticides database (2023).

## 3.2 Wirkungsweise und Zulassungsumfang der Substitutionskandidaten

In diesem Kapitel werden die Eigenschaften, die Wirkungsweise und der Zulassungsumfang der Substitutionskandidaten im Detail beschrieben. Daten aus dem Pflanzenschutzmittelregister (<https://psmregister.baes.gv.at/psmregister/>), Informationen aus der einschlägigen Literatur (u.a. Börner 2009, Hock et al. 1995, Hoffman et al. 1994, Hallmann & Tiedemann 2019, Feldbauratgeber 2023) und aus weiteren Datenbanken (BVL 2022) wurden hierfür verwendet.

Der aktuelle Zulassungsstand wird in tabellarischer Form dargestellt. Es werden die Einsatzgebiete und die Schadfaktoren aufgelistet. In der Spalte „Art. 51“ wird angegeben, ob das jeweilige Pflanzenschutzmittel auch eine Zulassung in geringfügigen Verwendungen (Spezialkulturen mit geringem Anbauumfang) nach Art. 51 der EU-Verordnung 1107/2009<sup>10</sup> aufweist. In der letzten Spalte der Tabelle wird der Anwendungsbereich angegeben: Freiland und/oder im Glashaus.

Die Zusammenstellung der Wirkungsweise und des Zulassungsumfanges der Substitutionskandidaten diene auch als Basis für die Bewertung ihrer Ersetzbarkeit in der landwirtschaftlichen Praxis (Kapitel 5).

Nachfolgend wird exemplarisch die Beschreibung des Insektizids Pirimicarb angeführt. Alle Wirkstoffbeschreibungen befinden sich im Anhang B.

### Pirimicarb

Der Wirkstoff Pirimicarb gehört zur Gruppe der Carbamate und ist der IRAC Gruppe 1, den Acetylcholinesterase (AChE)-Hemmern, zuzuordnen. Durch die molekulare Ähnlichkeit von Pirimicarb zu Acetylcholin bindet Pirimicarb an die Esterase und wird gespalten. Im Gegensatz zum Acetylcholin verbleibt bei der Spaltung von Pirimicarb ein Rest an einem Serinrest gebunden. Dadurch kommt es zu einer Hemmung der Acetylcholin-Esterase und zu einer Störung der Nervenreizleitung zwischen den Nervenzellen. Dies führt zu einer

---

<sup>10</sup> Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln und zur Aufhebung der Richtlinien 79/117/EWG und 91/414/EWG des Rates

Überbeanspruchung des Nervensystems. Bei den Carbamaten handelt es sich meist um eher kurzlebige Substanzen, jedoch mit einer hochtoxischen Wirkung.

Pirimicarb wird als Fraß- und Kontaktgift gegen beißende und saugende Insekten eingesetzt. Durch die translaminare Verteilung wird der Wirkstoff in einer breiten Vielfalt an Kulturen im Gemüsebau, Ackerbau und auch im Forst eingesetzt. Ein großer Vorteil des Wirkstoffs Pirimicarb ist die Einstufung als bienenfreundlich und nützlingsschonend.

In Österreich wurde erstmals 1977 ein Pflanzenschutzmittel mit dem Wirkstoff Pirimicarb unter dem Produktnamen Pirimor-Granulat (Registernummer 1888-0) zugelassen.

Zurzeit ist nur ein Pflanzenschutzmittel (ohne Parallelzulassungen und Vertriebsweiterungen) mit dem Wirkstoff Pirimicarb in Österreich zugelassen. Dabei handelt es sich um eine Soloformulierung, welche in den Bereichen Ackerbau, Forst, Gemüsebau, Obstbau und im Zierpflanzenbau eingesetzt wird (Tabelle 4).

Tabelle 4: In Österreich zugelassene pirimicarbhaltige Pflanzenschutzmittel, Stand 2023-03-15, Quelle: Pflanzenschutzmittelregister (2023).

Handelsbezeichnung	Reg. Nr.	Wirkstoff(e)	Zugelassene(s) Einsatzgebiet(e)									Schadfaktor(en)	Art.51	Freiland [F] Glashaus [G]		
			Ackerbau	Forst	Gemüsebau	Grünland	Hopfenanbau	Nichtkulturland	Obstbau	Weinbau	Zierpflanzenbau				Haus- und Kleingarten	
Pirimor Granulat	3238-0	Pirimicarb	x	x	x					x		x		Blattläuse, Blattläuse als Virusvektoren	Ja	F/G

### 3.3 Bedeutung der Substitutionskandidaten auf Basis der Inverkehrbringungen

Die Abbildung 2 zeigt die Gesamtmenge der in Verkehr gebrachten Wirkstoffe für die derzeit in Österreich verfügbaren Substitutionskandidaten. Die Daten stammen aus der gemäß Pflanzenschutzmittelverordnung 2011<sup>11</sup> verpflichtenden jährlichen Meldung der Inverkehrbringungen durch die Zulassungsinhaber. Die in Verkehr gebrachten Mengen der Substitutionskandidaten lagen im Jahr 2021 bei 536 Tonnen. Der starke Anstieg von 2020 auf 2021 ist vor allem auf das zusätzliche Inverkehrbringen von kupferhaltigen Pflanzenschutzmitteln zurückzuführen (+ 64 Tonnen im Vergleich von 2020 zu 2021).

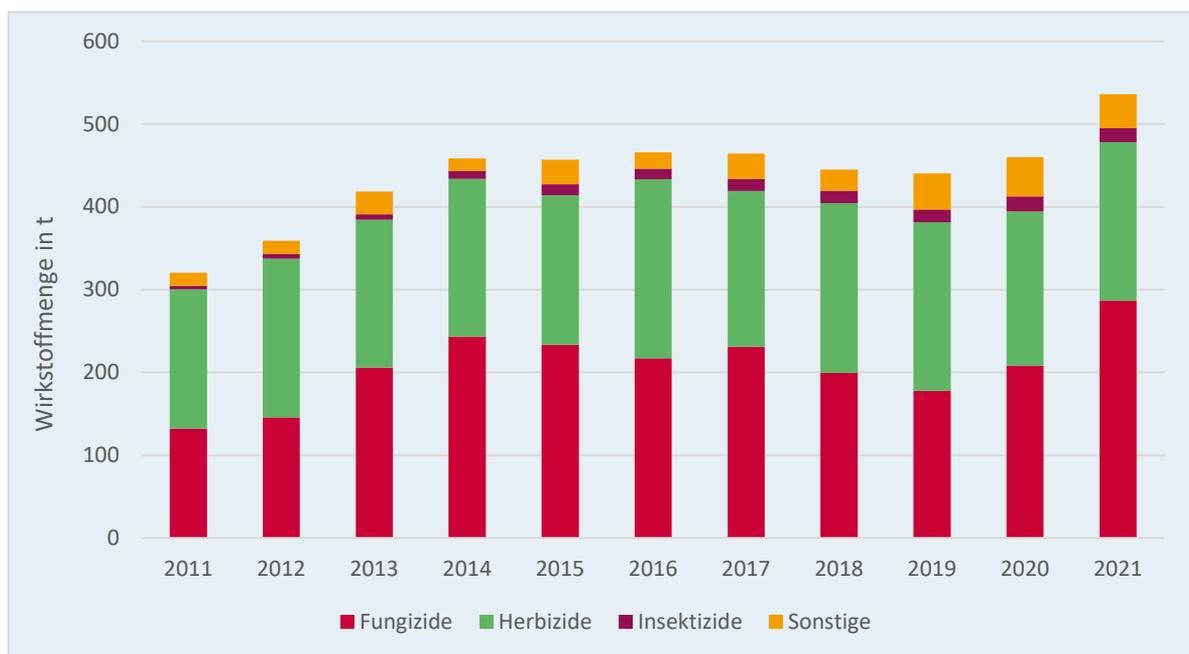


Abbildung 2: Summe der Inverkehrbringungen der als Substitutionskandidaten eingestuft Wirkstoffe in t für den Zeitraum 2011 bis 2021, aufgeschlüsselt nach Wirkungstyp, Quelle: BAES (2023).

In Abbildung 3 sind die Veränderungen der in Verkehr gebrachten Wirkstoffmengen für ausgewählte Wirkstoffe mit hoher Inverkehrbringungen exemplarisch dargestellt. Im Zeitraum 2011 bis 2021 hat die Inverkehrbringungen bei den fungizid wirkenden Kupferverbindungen (Kupferhydroxid, Kupferoxychlorid, Kupfersulfat tribasisch) von 75 auf 198 Tonnen zugenommen.

<sup>11</sup> Verordnung des Bundesministers für Land und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft zur Durchführung des Pflanzenschutzmittelgesetzes 2011 (Pflanzenschutzmittelverordnung 2011)

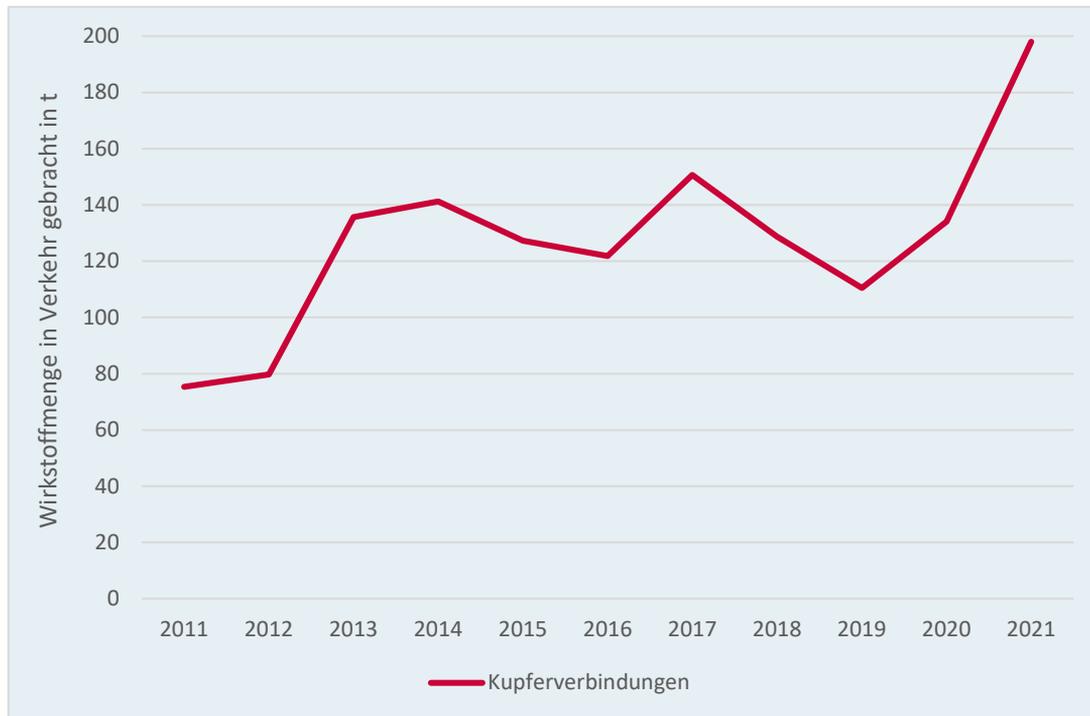


Abbildung 3: Inverkehrbringungsmengen 2011 bis 2021 für kupferhältige Wirkstoffe in t, Quelle: BAES (2023).

Die Analyse der Inverkehrbringungsmengen der Einzelwirkstoffe des Jahres 2021 zeigt, dass einige Wirkstoffe besonders hohe Mengen aufweisen: die acht mengenstärksten Wirkstoffe (Aclonifen, Chlortoluron, Flufenacet, Kupferhydroxid, Kupferoxychlorid, Pendimethalin, Tebuconazol, Ziram) haben einen Anteil von rund 80 % an der Gesamtmenge (Abbildung 4). Erwähnenswert sind die kupferhältigen Wirkstoffe Kupferhydroxid, Kupferoxychlorid und Kupfersulfat tribasisch, denn diese haben in Summe einen Anteil von 37 % an der Gesamtmenge. Für zwei Wirkstoffe wurden im Jahr 2021 keine Inverkehrbringung gemeldet.

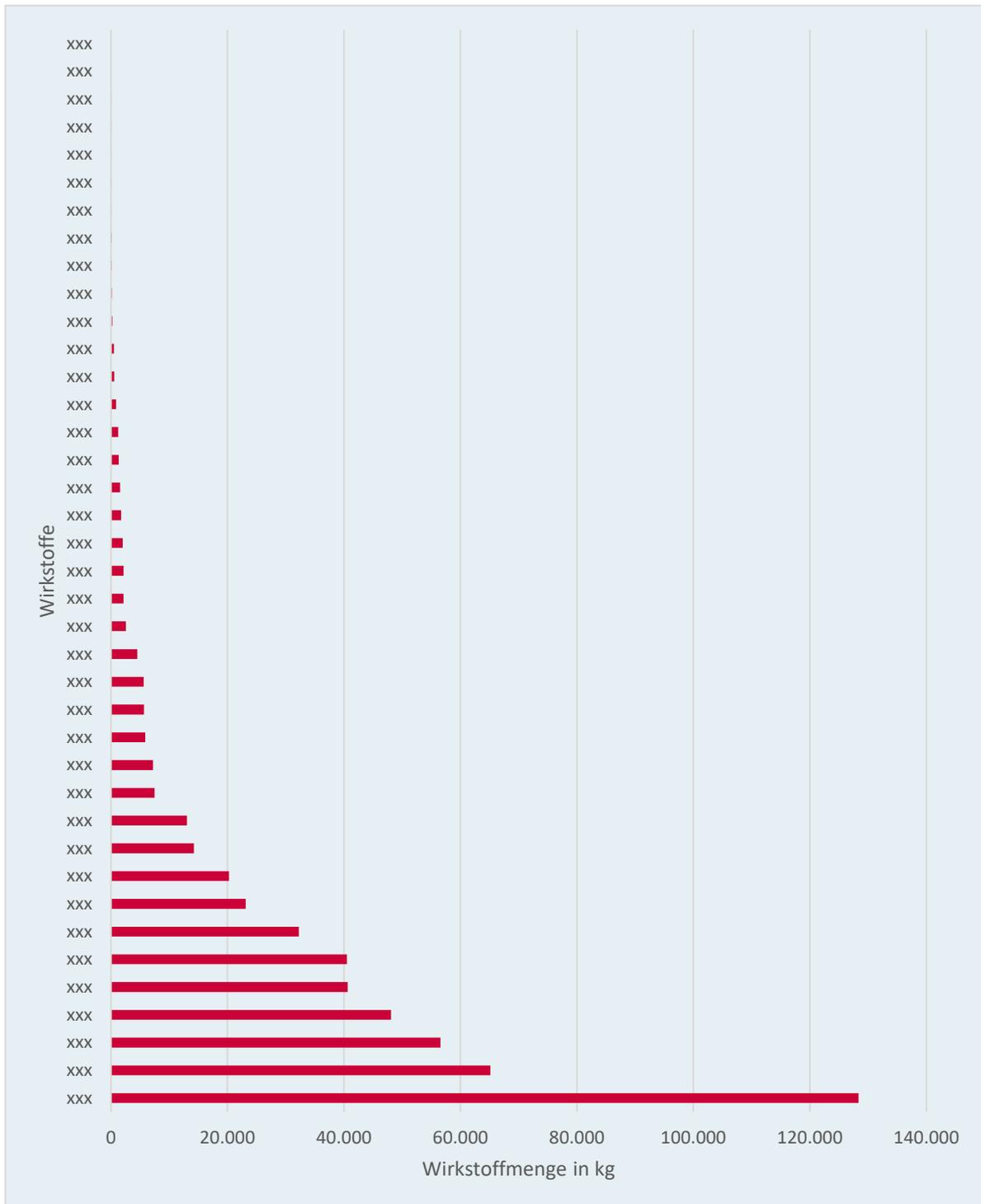


Abbildung 4: Inverkehrbringungen 2021 in kg für die als Substitutionskandidaten eingestuft Wirkstoffe, Quelle: BAES (2023). Aus Datenschutzgründen werden die einzelnen Wirkstoffnamen und die Wirkstoffmengen nicht angeführt.

### 3.4 Bedeutung der Substitutionskandidaten auf Basis der behandelten Fläche

Eine Beurteilung der Bedeutung der einzelnen Wirkstoffe ist allein auf Basis von Inverkehrbringungsmengen nur sehr eingeschränkt möglich. Eine Abschätzung der behandelten Fläche ist aussagekräftiger und wird auf Basis der in Verkehr gebrachten Wirkstoffmengen des Jahres 2021 (Kapitel 3.3) und der geschätzten Wirkstoffaufwandmenge pro Hektar ermittelt.

Bei der Zulassung von Pflanzenschutzmitteln wird für jede einzelne Indikation die Aufwandmenge pro ha festgelegt. Diese ist grundsätzlich abhängig von den Werkstoffeigenschaften, vom zu bekämpfenden Schaderreger bzw. dem Einsatzzweck und von der Art der Anwendung. Bei Wirkstoffen wie etwa bei den als Herbiziden eingesetzten Sulfonylharnstoffen oder bei den insektizid wirkenden Pyrethroiden liegt die Aufwandmenge pro Hektar im Grammbereich. Beispiele für Sulfonylharnstoffe sind die Wirkstoffe Metsulfuron-methyl mit einer Aufwandmenge von 6 g/ha oder Prosulfuron mit 15 g/ha und für Pyrethroide das Gamma-Cyhalothrin mit 5 g/ha oder Lambda-Cyhalothrin mit 8 g/ha. Im Gegensatz dazu werden beim herbiziden Wirkstoff Aclonifen oder bei fungizid wirkenden Kupferverbindungen mehrere Kilogramm Wirkstoff pro Hektar eingesetzt.

Bei der Saatgutbehandlung sind die Wirkstoffaufwandmengen je Hektar in der Regel besonders niedrig. So sind beim Wirkstoff Metalaxyl nur etwa 0,6 g Wirkstoff erforderlich, um Maissaatgut auf einer Fläche von einem Hektar gegen Auflaufkrankheiten zu schützen. Beim Wirkstoff Ipconazol liegt die Aufwandmenge bei 2 g/ha. Beim Wirkstoff Tebuconazol wird der Einfluss der Anwendungsart besonders deutlich ersichtlich: Bei der Saatgutbehandlung liegt die Aufwandmenge bei wenigen Gramm Wirkstoff pro Hektar, während zur Spritzbehandlung gegen Getreidekrankheiten etwa 300 g Wirkstoff pro Hektar erforderlich sind.

Für Substitutionskandidaten, die in Österreich nur in einem zugelassenen Pflanzenschutzmittel mit nur einer Indikation enthalten sind, ist die Wirkstoffaufwandmenge pro Hektar relativ einfach zu eruieren. Die Mehrzahl der Substitutionskandidaten ist allerdings in mehreren Pflanzenschutzmitteln mit unterschiedlichen Indikationen und Aufwandmengen verfügbar. Um die Abschätzung der durchschnittlich verwendeten Wirkstoffaufwandmengen durchzuführen, wurde auf die Ergebnisse des Projektes zur Verwendung von Pflanzenschutzmitteln zurückgegriffen (AGES 2022). Auf Basis dieser Daten kann die Bedeutung der einzelnen Anwendungsarten bzw. Anwendungsgebiete abgeschätzt werden. Beispielsweise ergibt sich für den Wirkstoff Tebuconazol eine durchschnittliche Aufwandmenge von 128 Gramm Wirkstoff pro Hektar. Diese Abschätzung wurde für alle

Substitutionskandidaten durchgeführt. In Abbildung 5 sind die durchschnittlichen Wirkstoffaufwandmengen für die 37 Substitutionskandidaten angeführt.

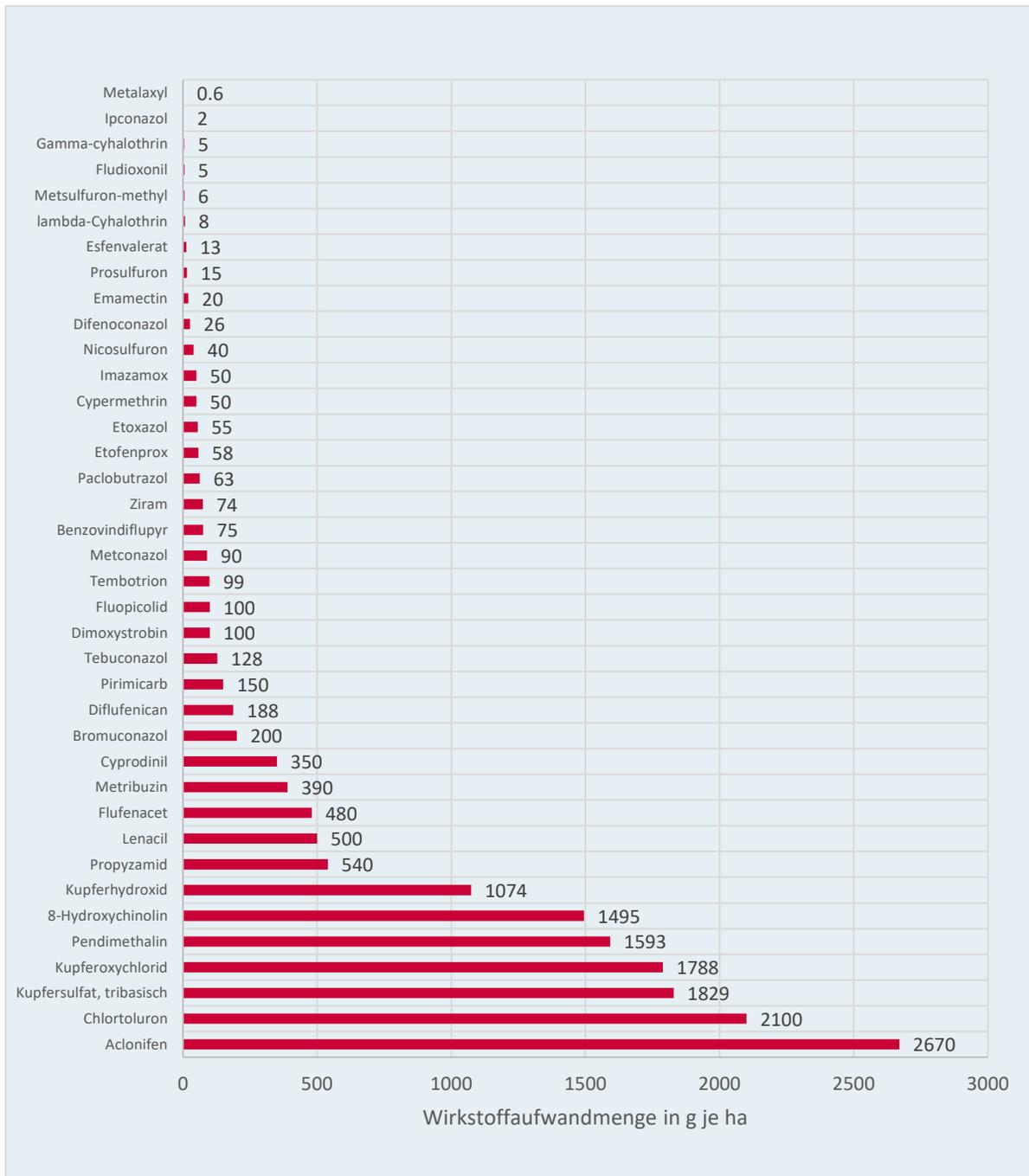


Abbildung 5: Durchschnittliche Wirkstoffaufwandmenge in g je ha für die in Österreich in zugelassenen Pflanzenschutzmitteln enthaltenen Substitutionskandidaten.

Die behandelte Fläche auf Basis der Inverkehrbringungsmenge 2021 und der abgeschätzten Wirkstoffaufwandmenge ist in Abbildung 6 zu sehen.

Es zeigt sich, dass Wirkstoffe wie Fludioxinil, Metalaxyl und Ziram, die ausschließlich zur Saatgutbehandlung verwendet werden, trotz vergleichsweise geringer Inverkehrbringungsmengen in großem Flächenumfang eingesetzt werden (Abbildung 6).

Es ist jedoch zu beachten, dass die Saatgutaufbereitung und der Saatgutexport eine große Bedeutung in Österreich haben und eine Aufschlüsselung hier nicht möglich ist. Große behandelte Flächen trotz niedriger Inverkehrbringungsmengen weisen auch Pyrethroide wie Cypermethrin und Esfenvalerat auf. Im Gegensatz dazu sind kupferhaltige Wirkstoffe bei der behandelten Fläche nur im Mittelfeld zu finden.

Für zwei Wirkstoffe lag die Inverkehrbringungsmenge im Jahr 2021 bei 0. Daher liegt auch die errechnete behandelte Fläche in diesem Jahr bei 0. Grundsätzlich können die Inverkehrbringungsmengen von Jahr zu Jahr schwanken. Die Meldung hat vom Inverkehrbringer bzw. Zulassungsinhaber jedenfalls beim erstmaligen Inverkehrbringen (im Großhandelsbereich) zu erfolgen. Wenn in einem Jahr keine Inverkehrbringung gemeldet wurde, kann das Pflanzenschutzmittel daher trotzdem am Markt verfügbar sein.

Die größte Bedeutung auf Basis der behandelten Fläche (> 100.000 ha) haben die Fungizide Difenoconazol, Tebuconazol, das Herbizid Nicosulfuron und die Insektizide Cypermethrin, Esfenvalerat und Lambda-Cyhalothrin.

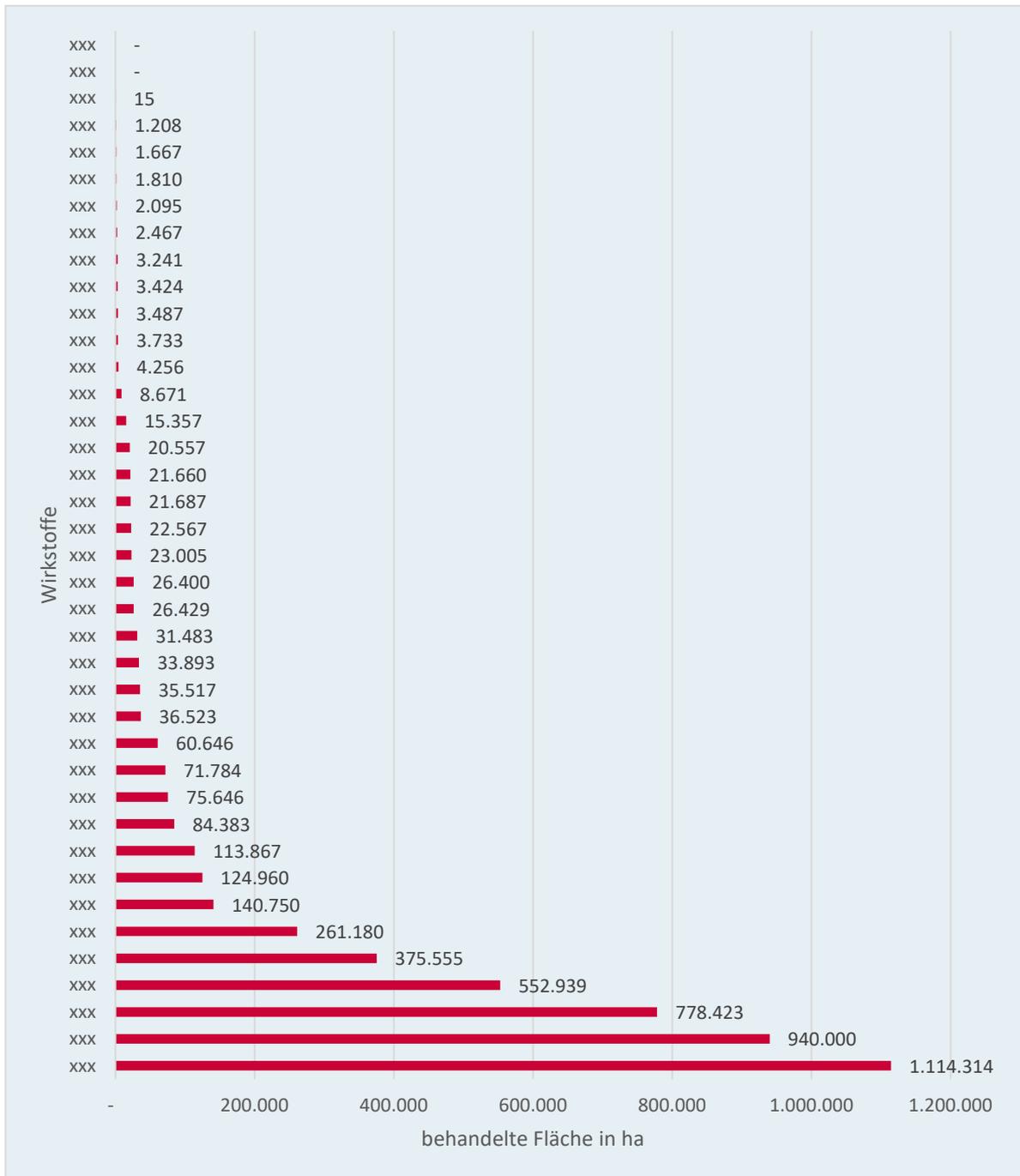


Abbildung 6: Behandelte Fläche auf Basis der Inverkehrbringung 2021 und der abgeschätzten Wirkstoffaufwandmenge je ha. Aus Datenschutzgründen werden die einzelnen Wirkstoffnamen nicht angeführt.

# 4 Green Deal und harmonisierte Risikoindikatoren

## 4.1 Ziele und Messgrößen des Green Deals

Der europäische Green Deal, ein Paket politischer Initiativen, wurde im Jahr 2019 von der EU-Kommission vorgestellt. In der Farm to Fork-Strategie („Vom Hof auf den Tisch“) wurden spezifische Ziele für den Pflanzenschutz definiert. Neben der Reduzierung des Einsatzes und der Risiken von chemischen Pflanzenschutzmitteln um 50 % bis zum Jahr 2030 wurde als weiteres Ziel die Reduzierung des Einsatzes von gefährlicheren Pflanzenschutzmitteln um 50 % festgelegt. Gefährlichere Pflanzenschutzmittel sind in diesem Zusammenhang solche, die einen Wirkstoff enthalten, der nach der EU-Verordnung 1107/2009 als Substitutionskandidat eingestuft ist.

### **Farm to Fork-Ziele und Messgrößen**

#### **F2F-Ziel 1: 50 % Reduktion von Einsatz und Risiko von chemischen Pflanzenschutzmitteln**

Im F2F-Ziel 1 soll der harmonisierte Risikoindikator – basierend auf dem Referenzwert 100 (Ausgangsbasis 2015–2017) bis 2030 auf 50 reduziert werden. Die rechtlichen Regelungen werden aktuell im Detail ausformuliert.

#### **F2F-Ziel 2: 50 % Reduktion von gefährlicheren Pflanzenschutzmitteln**

Der Maßstab für die Erreichung des F2F-Zieles 2 soll die Inverkehrbringungsmenge der Substitutionskandidaten sein. Die endgültige Berechnungsmethode ist zurzeit in Ausarbeitung.

Diese Ziele haben bisher noch keinen Eingang in die Rechtstexte der EU gefunden und sind daher noch nicht rechtsverbindlich. Zurzeit wird die Richtlinie 2009/128/EG<sup>12</sup> über die nachhaltige Verwendung von Pflanzenschutzmitteln überarbeitet. In dieser Überarbeitung sollen die, in der Farm to Fork-Strategie formulierten Ziele, in rechtsverbindlicher Form aufgenommen werden. Am 22. Juni 2022 hat die EU-Kommission einen Verordnungsentwurf zur nachhaltigen Verwendung von Pflanzenschutzmitteln vorgelegt. Der Entwurf sieht die

---

<sup>12</sup> Richtlinie 2009/128/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 über einen Aktionsrahmen der Gemeinschaft für die nachhaltige Verwendung von Pestiziden

Festlegung verbindlicher Reduktionsziele für chemische Pflanzenschutzmittel vor. Die Verhandlungen zur neuen Verordnung waren zum Zeitpunkt der Projektumsetzung noch nicht abgeschlossen.

## 4.2 Harmonisierter Risikoindikator 1 als Messgröße für die Risiken von Pflanzenschutzmitteln

Die Erreichung der Ziele der Farm to Fork-Strategie wird mit harmonisierten Risikoindikatoren gemessen. Risikoindikatoren wurden im Pflanzenschutzbereich erstmals mit der Richtlinie (EU) 2019/782<sup>13</sup> etabliert. Der in diesem Zusammenhang relevante harmonisierte Risikoindikator 1 stützt sich grundsätzlich auf die Menge der in Verkehr gebrachten Wirkstoffe. Die Wirkstoffe werden zusätzlich aufgrund ihrer gefahrenbasierten Einstufung in vier Gruppen eingeteilt und unterschiedlich gewichtet:

- Wirkstoffe mit geringem Risiko (Gewichtungsfaktor 1)
- Wirkstoffe, die „normal“ genehmigt sind (Gewichtungsfaktor 8)
- Wirkstoffe, die als Substitutionskandidaten eingestuft sind (Gewichtungsfaktor 16)
- Wirkstoffe, die nicht genehmigt sind (Gewichtungsfaktor 64)

Der harmonisierte Risikoindikator 1 wird berechnet, indem die jährlichen Mengen der in Verkehr gebrachten Wirkstoffe mit der entsprechenden Gewichtung multipliziert werden. Der Referenzwert für den harmonisierten Risikoindikator 1 wird auf 100 festgelegt und entspricht dem Durchschnittsergebnis der Berechnung für den Zeitraum 2011 bis 2013.

Der harmonisierte Risikoindikator 1 gemäß Richtlinie (EU) 2019/782 wird jährlich berechnet und im August des übernächsten Jahres veröffentlicht (d.h. der Wert für 2021 im August 2023). In der Abbildung 7 ist die Entwicklung des harmonisierten Risikoindikators 1 für Österreich dargestellt. Der harmonisierte Risikoindikator 2, der die Anzahl der Notfallzulassungen nach Art. 53 der EU-Verordnung 1107/2009 gewichtet darstellt, fällt nicht in den Projektrahmen und wird nicht angeführt. Weitere Informationen dazu siehe BAES (2023).

---

<sup>13</sup> Richtlinie (EU) 2019/782 der Kommission vom 15. Mai 2019 zur Änderung der Richtlinie 2009/128/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung harmonisierter Risikoindikatoren



Abbildung 7: Harmonisierter Risikoindikator 1 für Österreich für den Zeitraum 2011 bis 2020, Quelle: BAES (2023).

Eine Analyse des harmonisierten Risikoindikator 1 zeigt, dass Substitutionskandidaten im Jahr 2020 einen Anteil von 15 % am Indexwert aufweisen (Abbildung 8). Nicht genehmigte Wirkstoffe (die ausschließlich im Fall von Notfallzulassungen zum Einsatz kommen können) bzw. Wirkstoffe mit geringem Risiko spielen keine nennenswerte Rolle und liegen bei unter 1 %. Im Jahr 2020 basierten 82 % des Indexwertes auf normal genehmigte Wirkstoffe.

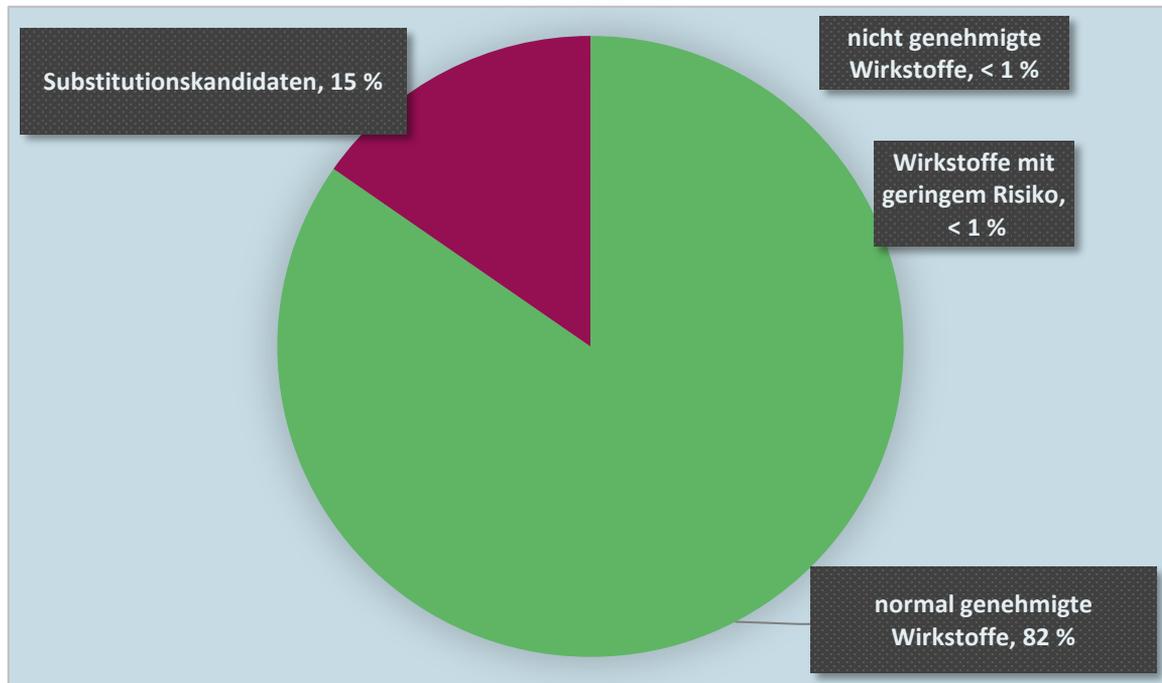


Abbildung 8: Anteile der einzelnen Wirkstoffgruppen im harmonisierten Risikoindikator 1 im Jahr 2020.

Die Entwicklung des Anteils der Substitutionskandidaten am Index ist für den Zeitraum 2011 bis 2020 in der Abbildung 9 ersichtlich. Der deutliche Anstieg der Inverkehrbringungsmengen von kupferhaltigen Wirkstoffen (im Zeitraum 2011 bis 2014 um etwa 60 Tonnen) hat zu einem hohen Anteil der Substitutionskandidaten von bis zu 28 % am Index geführt. Seit 2014 ist die Inverkehrbringungsmenge der Substitutionskandidaten auf dem gleichen Niveau geblieben (Kapitel 3.3), der Anteil am Index ist allerdings auf 15 % im Jahr 2020 zurückgegangen. Die Ursache dafür liegt darin, dass der Wirkstoff Kohlendioxid ab 2016 in die Gesamtmenge der Inverkehrbringung mit relevanten Mengen einfließt. Mittlerweile liegt die Inverkehrbringung beim Wirkstoff Kohlendioxid bereits bei über 2000 Tonnen und einem Anteil von 39 % an der Gesamtmenge.

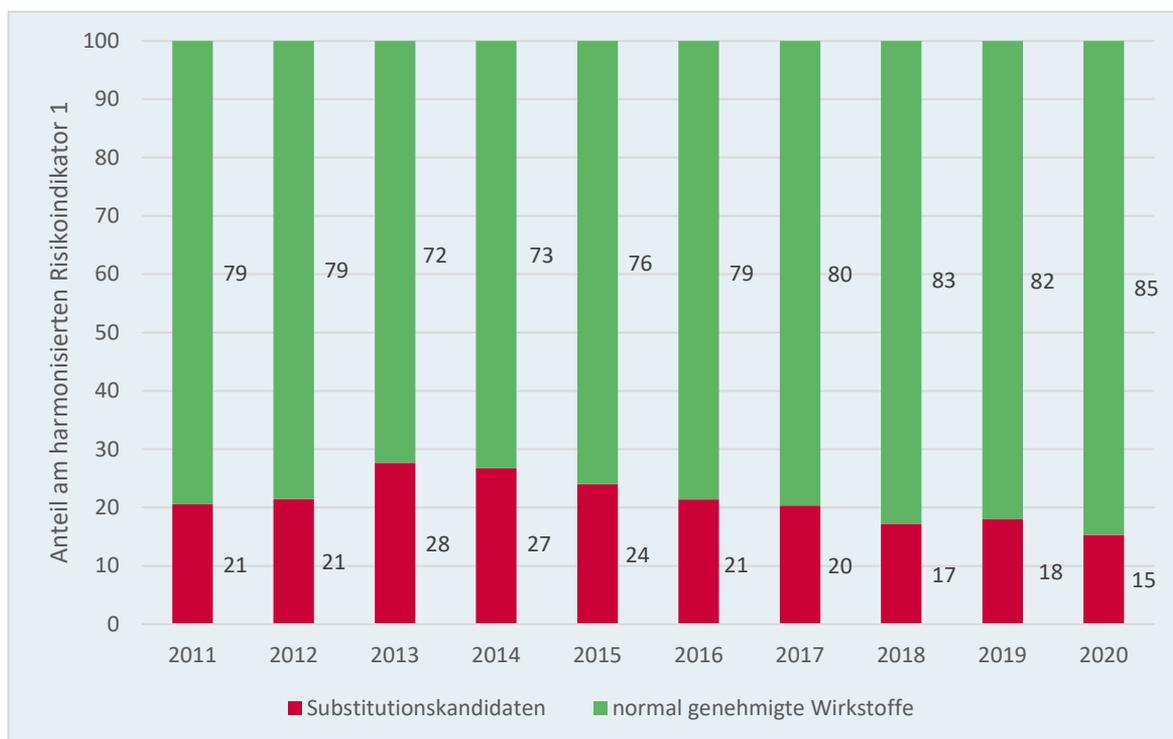


Abbildung 9: Anteil der Substitutionskandidaten und der normal genehmigten Wirkstoffe in % am harmonisierten Risikoindikator 1 für den Zeitraum 2011 bis 2020 (nicht genehmigte Wirkstoffe sowie Wirkstoffe mit geringem Risiko wurden in dieser Darstellung aufgrund ihrer niedrigen Inverkehrbringungsmengen nicht berücksichtigt).

### 4.3 Farm to Fork-Indikatoren als Messgröße zur Erreichung der Ziele des Green Deals

Im Entwurf der neuen Verordnung zur Verwendung von Pflanzenschutzmitteln wurden zur Messung von Verwendung und Risiko neue Indikatoren vorgeschlagen (Kapitel 4.1). Die Berechnungsmethodik ist grundsätzlich gleich wie beim harmonisierten Risikoindikator 1 (Kapitel 0). Die Gemeinsamkeiten und Unterschiede sind in der Tabelle 5 angeführt. Die zwei wesentlichen Unterschiede sind der Ausgangszeitraum für die Indexerstellung (2011-2013 vs. 2015-2017) und die Berechnungsgrundlage (alle Wirkstoffe vs. Nur chemische Wirkstoffe).

Der Einfluss einer Reduktion der Substitutionskandidaten auf beide Farm to Fork-Indikatoren wird im Rahmen dieser Studie untersucht (Kapitel 6).

Tabelle 5: Vergleich der Berechnungsmethodik der harmonisierten Risikoindikatoren.

Harmonisierte Risikoindikatoren		Farm to Fork-Indikatoren
Grundlage/ Rechtsbasis	Durch EU-Richtlinie 2019/782 festgelegt	Entwurf der Verordnung zur nachhaltigen Verwendung von Pflanzenschutzmitteln
Indikator 1	Harmonisierter Risikoindikator 1 (HRI-1) - Alle Wirkstoffe einbezogen - Ausgangszeitraum 2011-2013	Farm to Fork-Indikator 1 (F2F-1) - Nur chemische Wirkstoffe - Ausgangszeitraum 2015-2017
Indikator 2	Harmonisierter Risikoindikator 2 (HRI-2) Anzahl Notfallzulassungen gewichtet nach Gefahr	Farm to Fork-Indikator 2 (F2F-2) Inverkehrbringungsmenge der Substitutionskandidaten

In den vergangenen Jahren ist der Farm to Fork-Indikator 1 in Österreich angestiegen und liegt aktuell bei 122 (Abbildung 10). Eine maßgebliche Ursache für den Anstieg ist die Aufnahme inerter Gase (z.B. Kohlendioxid) in die Statistik, die erst seit dem Jahr 2016 in die Berechnung einbezogen werden. Nach den Zielen des Green Deals soll der Indexwert für das Jahr 2030 bei 50 liegen.

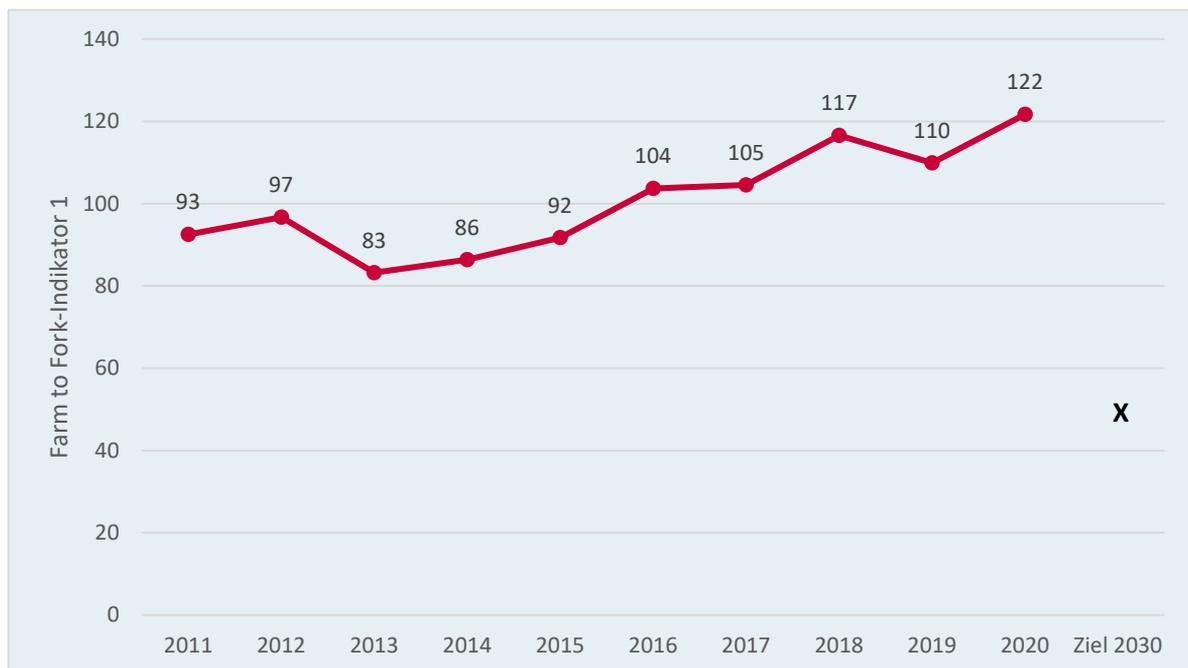


Abbildung 10: Farm to Fork-Indikator 1 („Verwendung und Risiko“), Entwicklung für den Zeitraum 2011 bis 2020 in Österreich. Das Kreuz zeigt den Zielwert für das Jahr 2030, Quelle: BAES (2023).

In den vergangenen Jahren ist der Farm to Fork-Indikator 2 in Österreich zurückgegangen und liegt aktuell bei 86 (Abbildung 11). Eine maßgebliche Ursache für den Rückgang liegt im Wegfall von Wirkstoffen, die als Substitutionskandidaten genehmigt waren, und im Rahmen der Wiederbewertung keine Genehmigung mehr bekommen haben (Kapitel 2.3). Nach den Zielen des Green Deals soll der Indexwert für das Jahr 2030 bei 50 liegen.

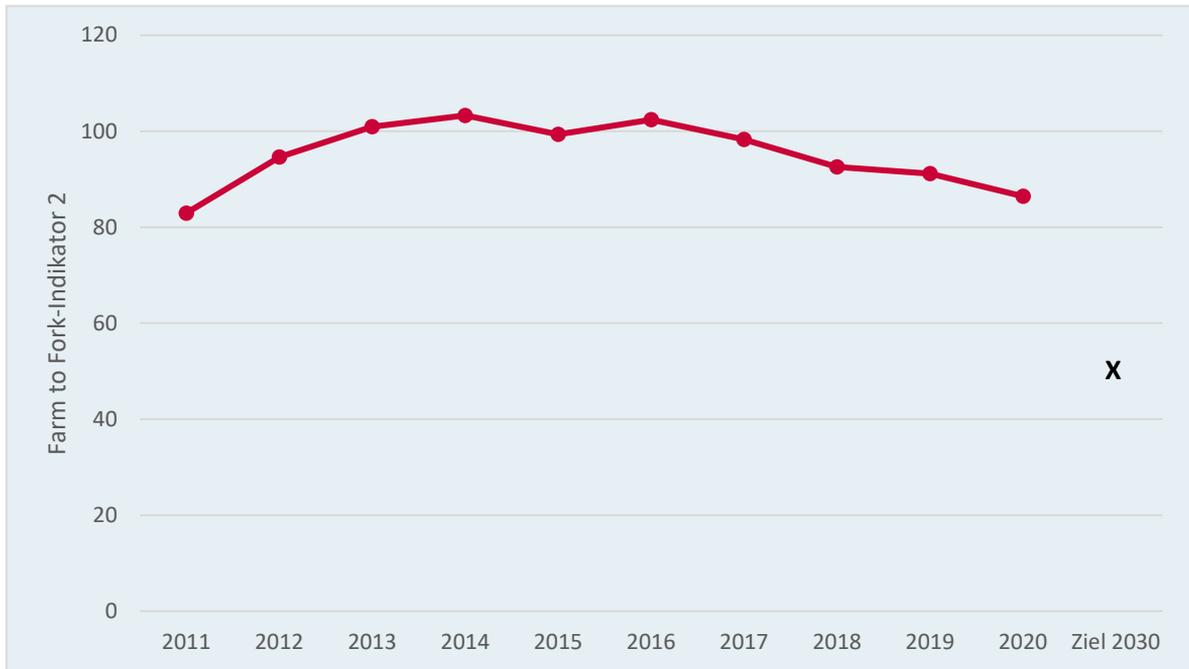


Abbildung 11: Farm to Fork-Indikator 2 („gefährlichere Pflanzenschutzmittel“), Entwicklung für den Zeitraum 2011 bis 2020 in Österreich. Das Kreuz zeigt den Zielwert für das Jahr 2030, Quelle: BAES (2023).

# 5 Bewertung der Substitutionskandidaten betreffend Ersetzbarkeit

## 5.1 Allgemeine Vorgangsweise

Die Bewertung der Ersetzbarkeit der Substitutionskandidaten erfolgte für jede Indikation (Kombination aus Schaderreger und Kultur) auf Basis verschiedener Kriterien. In den folgenden Kapiteln werden die Kriterien, welche für die Wirkungstypen Insektizide, Fungizide, Herbizide und sonstige Wirkungstypen verwendet wurden, im Detail vorgestellt. In einer Expertenrunde (Workshop<sup>14</sup> mit Pflanzenschutzexpert:innen der Landwirtschaftskammern, Stakeholdern) wurden anschließend die Ergebnisse für ausgewählte Indikationen vorgestellt und diskutiert. Die Abschätzung der Ersetzbarkeit der Substitutionskandidaten ist in zusammenfassenden Tabellen für die einzelnen Wirkungstypen dargestellt. Tabellen mit einer detaillierten Auswertung und entsprechenden Anmerkungen befinden sich im Anhang A.

## 5.2 Kulturen

Die Abschätzung der Ersetzbarkeit der Substitutionskandidaten wurde für die folgenden 16 Kulturen durchgeführt (Tabelle 6):

Tabelle 6: Kulturen, in denen die Bewertung der Ersetzbarkeit der Substitutionskandidaten durchgeführt wurde.

Nr.	Kultur	Nr.	Kultur
1	Apfel	9	Sojabohne
2	Hafer	10	Wein
3	Kartoffel	11	Wintergerste
4	Mais	12	Wintertriticale

<sup>14</sup> Der Projektworkshop „Reduktion Einsatz Pflanzenschutzmittel, die Substitutionskandidaten enthalten“ fand am 31.01.2023 an der AGES, Wien Spargelfeldstraße statt.

5	Ölkürbis	13	Winterroggen
6	Sommergerste	14	Winterweizen
7	Sommerweizen	15	Winterraps
8	Sonnenblume	16	Zuckerrübe

Die Auswahl der Kulturen richtet sich nach denjenigen, die auch im AGES-Projekt zur Pflanzenschutzmittel-Verwendungsstatistik untersucht wurden (AGES 2022).

## 5.3 Insektizide

### 5.3.1 Bewertungsvorgang

Die Kriterien, die für die Insektizide verwendet wurden, waren die Folgenden:

- Gewährleistung eines Resistenzmanagements durch die verbleibenden Möglichkeiten zur Bekämpfung des jeweiligen Schaderregers
- Verfügbarkeit von sonstigen Alternativen

Die Wirkstoffe aus der Gruppe der Insektizide haben in der Regel eine spezifische Zulassung gegen einzelne Schaderreger. Alternative Wirkstoffe für eine bestimmte Indikation können daher klar definiert werden. Aus fachlicher Sicht ist daher die Anzahl unterschiedlicher Wirkmechanismen wichtig, die für die Gewährleistung eines effektiven Resistenzmanagements zur Verfügung stehen. In dieser Studie wurde die Anzahl der erforderlichen Wirkmechanismen in Anlehnung an Rotteveel et al. (2011) definiert (Tabelle 7).

Sonstige Alternativen umfassen im Wesentlichen acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen, die in den Grundsätzen der guten landwirtschaftlichen Praxis zu finden sind. Dazu gehören u.a. Bodenbearbeitung, Fruchtfolge oder veränderte Saatzeitpunkte. Die Wirksamkeit solcher vorbeugender und nicht-chemischer Alternativen gegenüber Schädlingen ist in der Regel beschränkt und allenfalls kann der Befall reduziert werden (Defra 2013). Diese Maßnahmen wurden geprüft und gegebenenfalls in die Bewertung einbezogen. Für einige Kultur/Schadorganismus-Kombinationen gibt es spezifische Alternativen, die eine wirksame und nachhaltige Kontrolle des Schaderregers ermöglichen und entsprechend berücksichtigt wurden.

Für die Kategorisierung der Ersetzbarkeit wurde die folgende Matrix verwendet (Tabelle 7). Sonstige Alternativen können zu einer Abweichung in der Einstufung in eine der Kategorien führen.

Tabelle 7: Matrix zur Ermittlung der Kategorisierung der Ersetzbarkeit von Substitutionskandidaten aus der Gruppe der Insektizide.

Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3	Kategorie 4
3 oder mehr Wirkmechanismen (MoAs) bleiben als Alternative verfügbar	2 Wirkmechanismen (MoAs) bleiben als Alternative verfügbar	1 Wirkmechanismus (MoA) bleibt als Alternative verfügbar	Keine Alternativen

Substitutionskandidaten der [Kategorie 1](#) können in der Regel ersetzt werden.

Für Substitutionskandidaten der [Kategorie 2](#) gilt, dass sie unter bestimmten Bedingungen ersetzt werden können, und zwar, wenn die vorhandenen Wirkmechanismen und die zu bekämpfenden Schadorganismen nur eine niedrige Gefahr der Ausbildung von Resistenzen aufweisen. Außerdem muss bei der Ersetzbarkeit die spezifische Wirkungsweise (Kontaktwirkung, Kontaktwirkung + Dampfphase oder systemische Wirkung) sowie die Anwendungsart (Beizung, Spritzen, Granulat) berücksichtigt werden. Vorrangig sollen jedenfalls die verfügbaren Alternativen eingesetzt werden.

Die Substitutionskandidaten der [Kategorie 3](#) können in der Regel nicht ersetzt werden. Alternativen sind zwar vorhanden, ökonomische und praktische Nachteile sind jedenfalls zu erwarten.

Substitutionskandidaten, die in [Kategorie 4](#) fallen, können nicht ersetzt werden.

### 5.3.2 Ergebnisse

Die Bewertung der Substitutionskandidaten auf Basis der gewählten Kriterien (Kapitel 5.3.1) wird im Folgenden zusammengefasst. Im Anschluss werden die Ergebnisse noch in einer Übersichtstabelle abgebildet (Tabelle 8). Die detaillierte Darstellung der Bewertung der Insektizide ist im Anhang A zu finden.

In **Mais** kann auf die Substitutionskandidaten Cypermethrin und Lambda-Cyhalothrin nicht verzichtet werden. Eine Ausnahme ist die Indikation Maiswurzelbohrer. Die Einhaltung einer Fruchtfolge gilt hier als effektive Maßnahme und es gibt zwei alternative Wirkstoffe sowie insektenpathogene Nematoden. Es kann dennoch nicht vollumfänglich auf das Cypermethrin

verzichtet werden, da es Einschränkungen bei der Anwendung der Alternativen gibt (u.a. Zeitpunkt der Anwendung).

In den Kulturen **Sonnenblume, Ölkürbis, Zuckerrübe** und **Sojabohne** können die zurzeit zugelassenen Substitutionskandidaten nicht ersetzt werden. Dies gilt im Wesentlichen auch für den **Raps**, denn für die meisten Schaderreger gibt es zu wenig bzw. keine alternativen Wirkstoffe und Wirkmechanismen. Eine Ausnahme ist die Bekämpfung des Rapsglanzkäfers, denn hier gibt es drei alternative Wirkstoffe mit zwei Wirkmechanismen; allerdings kann aufgrund der hohen Resistenzgefahr beim Rapsglanzkäfer nicht vollumfänglich auf den Einsatz der Substitutionskandidaten verzichtet werden.

In der **Kartoffel** können die Substitutionskandidaten in der Indikation Blattläuse (Cypermethrin, Esfenvalerat, Lambda-Cyhalothrin, Pirimicarb) und Kartoffelkäfer (Cypermethrin) ersetzt werden.

In **Wein** kann der Substitutionskandidat Esfenvalerat ersetzt werden, denn für die Indikation Traubenwickler gibt es acht alternative Wirkstoffe mit sieben unterschiedlichen Wirkmechanismen.

In **Apfel** gibt es zwar für die beiden Substitutionskandidaten Emamectin und Pirimicarb in den Indikationen Apfelwickler beziehungsweise Blattläuse eine ausreichende Anzahl an alternativen Wirkstoffen und Wirkmechanismen, dennoch gibt es bestimmte Situationen in der Praxis, in denen die beiden Wirkstoffe notwendig sind.

In **Getreide** sind zurzeit fünf Substitutionskandidaten (Cypermethrin, Esfenvalerat, Gamma-Cyhalothrin, Lambda-Cyhalothrin, Pirimicarb) zugelassen. Die Analyse zeigt ein einheitliches Bild: die Substitutionskandidaten können nicht ersetzt werden. Nur für die Indikation Blattläuse (ausgenommen in Sommerweizen) gibt es eine eingeschränkte Anzahl an alternativen Wirkstoffen und Wirkmechanismen.

Die Ergebnisse zeigen, dass bei den Insektiziden nur 3 % (n=6) aller 191 bewerteten Indikationen in die Kategorie 1 fallen. Der Wert für die Indikationen in der Kategorie 2 liegt bei 13 % (n=25). Dies verdeutlicht, dass die Ersetzbarkeit der Substitutionskandidaten aus der Gruppe der Insektizide stark eingeschränkt ist. Für die meisten Indikationen ist die Anzahl der unterschiedlichen Wirkmechanismen ohne den jeweiligen Substitutionskandidaten zu niedrig, um ein effektives und nachhaltiges Resistenzmanagement durchführen zu können. Es fehlen außerdem ausreichend wirksame, nicht-chemische Methoden für die Kontrolle von Schädlingen.

Tabelle 8: Insektizide – Zusammenfassung der Ersetzbarkeit der Substitutionskandidaten in den Kulturen.

Wirkstoff	Mais			
	Drahtwurm	Maiswurzelbohrer	Erdräupen	Fritfliege
Cypermethrin	3	2	4	-
Lambda-Cyhalothrin	-	-	-	4

Wirkstoff	Ölkürbis	
	Drahtwurm	Saatenfliege
Cypermethrin	4	4

Wirkstoff	Sonnenblume		
	Drahtwurm	Beißende Insekten	Saugende Insekten
Cypermethrin	4	-	-
Lambda-Cyhalothrin	-	4	4

Wirkstoff	Sojabohne			
	Drahtwurm	Saatenfliege	Saugende Insekten	Beißende Insekten
Cypermethrin	4	4	-	
Lambda-Cyhalothrin	-	-	4	4

Wirkstoff	Winterraps								
	Rapsglankkäfer	Kohlschotenrüssler	Mehlige Kohlblattlaus	Gefleckter Kohltriebrüssler	Rapsstängelrüssler	Kohlschotenmücke	Blattläuse	Beißende Insekten	Rapserrdfloh
Cypermethrin	2	3	4	-	-	-	-	-	-
Esfenvalerat	2	3	-	3	3	3	-	-	-
Etofenprox	2	3	-	3	3	-	-	-	-
Gamma-Cyhalothrin	-	-	-	-	-	3	3	3	-
Lambda-Cyhalothrin	2	3	-	3	3	3	4	3	3

Wirkstoff	Zuckerrübe					
	Drahtwurm	Beißende Insekten	Saugende Insekten	Rübenfliege	Blattläuse	Blattläuse als Virusvektoren
Cypermethrin	3	-	-	-	-	-
Lambda-Cyhalothrin	-	4	4	4	-	-
Pirimicarb	-	-	-	-	3	4

Wirkstoff	Kartoffel						
	Blattläuse	Erdräupen	Kartoffelkäfer	Drahtwurm	Blattläuse als Virusvektoren	Beißende Insekten	Saugende Insekten
Cypermethrin	1	4	1	3	-	-	-
Esfenvalerat	1	-	-	-	3	-	-
Lambda-Cyhalothrin	1	-	-	-	3	4	4
Pirimicarb	1	-	-	-	3	-	-

Wirkstoff	Wein	
	Traubenwickler	Reblaus
Esfenvalerat	1	-
Lambda-Cyhalothrin	-	3

Wirkstoff	Apfel	
	Apfelwickler	Blattläuse
Emamectin	2	-
Pirimicarb	-	2

Wirkstoff	Winterweizen									
	Getreidehähnchen	Saugende Insekten	Blattläuse	Beißende Insekten	Blattläuse als Virusvektoren	Getreidewanze	Getreidewickler	Thripse	Fritfliege	Zweiflügler
Cypermethrin	3	4	-	-	-	-	-	-	-	-
Esfenvalerat	3	4	2	4	-	-	-	-	-	-
Gamma-Cyhalothrin	-	4	-	4	-	-	-	-	-	-
Lambda-Cyhalothrin	3	4	2	4	3	4	3	4	4	4
Pirimicarb	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-

Wirkstoff	Wintergerste									
	Getreidehähnchen	Saugende Insekten	Blattläuse	Beißende Insekten	Blattläuse als Virusvektoren	Getreidewanze	Getreidewickler	Thripse	Fritfliege	Zweiflügler
Cypermethrin	3	4	-	-	-	-	-	-	-	-
Esfenvalerat	3	4	2	4	-	-	-	-	-	-
Gamma-Cyhalothrin	-	4	-	4	-	-	-	-	-	-
Lambda-Cyhalothrin	3	4	2	4	3	4	3	4	4	4
Pirimicarb	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-

Wirkstoff	Wintertriticale									
	Getreidehähnchen	Saugende Insekten	Blattläuse	Beißende Insekten	Blattläuse als Virusvektoren	Getreidewanze	Getreidewickler	Thripse	Fritfliege	Zweiflügler
Cypermethrin	3	4	-	-	-	-	-	-	-	-
Esfenvalerat	3	4	2	4	-	-	-	-	-	-
Gamma-Cyhalothrin	-	4	-	4	-	-	-	-	-	-
Lambda-Cyhalothrin	3	4	2	4	3	4	3	4	4	4
Pirimicarb	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-

Wirkstoff	Winterroggen									
	Getreidehähnchen	Saugende Insekten	Blattläuse	Beißende Insekten	Blattläuse als Virusvektoren	Getreidewanze	Getreidewickler	Thripse	Fritfliege	Zweiflügler
Cypermethrin	3	4	-	-	-	-	-	-	-	-
Esfenvalerat	3	4	2	4	-	-	-	-	-	-
Gamma-Cyhalothrin	-	4	-	4	-	-	-	-	-	-
Lambda-Cyhalothrin	3	4	2	4	3	4	3	4	4	4
Pirimicarb	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-

Wirkstoff	Hafer									
	Getreidehähnchen	Saugende Insekten	Blattläuse	Beißende Insekten	Blattläuse als Virusvektoren	Getreidewanze	Getreidewickler	Thripse	Fritfliege	Zweiflügler
Cypermethrin	3	4	-	-	-	-	-	-	-	-
Esfenvalerat	3	4	2	4	-	-	-	-	-	-
Gamma-Cyhalothrin	-	4	-	4	-	-	-	-	-	-
Lambda-Cyhalothrin	3	4	2	4	3	4	3	4	4	4
Pirimicarb	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-

Wirkstoff	Sommergerste									
	Getreidehähnchen	Saugende Insekten	Blattläuse	Beißende Insekten	Blattläuse als Virusvektoren	Getreidewanze	Getreidewickler	Thripse	Fritfliege	Zweiflügler
Cypermethrin	3	4	-	-	-	-	-	-	-	-
Esfenvalerat	3	4	2	4	-	-	-	-	-	-
Gamma-Cyhalothrin	-	4	-	4	-	-	-	-	-	-
Lambda-Cyhalothrin	3	4	2	4	3	4	3	4	4	4
Pirimicarb	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-

Wirkstoff	Sommerweizen									
	Getreidehähnchen	Saugende Insekten	Blattläuse	Beißende Insekten	Blattläuse als Virusvektoren	Getreidewanze	Getreidewickler	Thripse	Fritfliege	Zweiflügler
Cypermethrin	3	4	-	-	-	-	-	-	-	-
Esfenvalerat	3	4	3	4	-	-	-	-	-	-
Gamma-Cyhalothrin	-	4	-	4	-	-	-	-	-	-
Lambda-Cyhalothrin	3	4	3	4	3	4	3	4	4	4
Pirimicarb	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-

## 5.4 Fungizide

### 5.4.1 Bewertungsvorgang

Die Kriterien, die für die Fungizide verwendet wurden, waren die Folgenden:

- Gewährleistung eines Resistenzmanagements
- Sonstige Alternativen

Die Wirkstoffe aus der Gruppe der Fungizide haben in der Regel ein klar umrissenes Wirkungsspektrum und alternative Wirkstoffe für eine bestimmte Indikation können klar definiert werden. Aus fachlicher Sicht ist daher die Anzahl unterschiedlicher Wirkmechanismen wichtig, die für die Gewährleistung eines effektiven Resistenzmanagements zur Verfügung stehen. In dieser Studie wurde die Anzahl der erforderlichen Wirkmechanismen in Anlehnung an Rotteveel et al. (2011) definiert (Tabelle 9).

Sonstige Alternativen umfassen im Wesentlichen acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen, die in den Grundsätzen der guten landwirtschaftlichen Praxis zu finden sind. Dazu gehören beispielsweise eine angepasste Fruchtfolge (Einhaltung der Anbaupausen für anfällige Kulturen) oder phytosanitäre Maßnahmen (fachgerechte Einarbeitung von infizierten Ernterückstände). Der Einsatz wenig anfälliger/resistenter Sorten gegenüber Schaderregern ist langfristig die erfolgversprechendste Methode, allerdings ist die Auswahl an solchen Sorten bisher begrenzt (Defra 2013).

Die Wirksamkeit vorbeugender und nicht-chemischer Alternativen gegenüber phytopathogenen Pilzen ist in der Regel beschränkt und allenfalls kann der Befall reduziert werden (Defra 2013). Sonstige Alternativen wurden dennoch geprüft. Bei der Bewertung konnten jedoch keine Alternativen berücksichtigt werden, da sie keine wirksame und nachhaltige Kontrolle des Schaderregers ermöglichen.

Für die Kategorisierung der Ersetzbarkeit wurde die folgende Matrix verwendet (Tabelle 9).

Tabelle 9: Matrix zur Ermittlung der Kategorisierung der Ersetzbarkeit von Substitutionskandidaten aus der Gruppe der Fungizide.

Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3	Kategorie 4
3 oder mehr Wirkmechanismen (MoAs) bleiben als Alternative verfügbar	2 Wirkmechanismen (MoAs) bleiben als Alternative verfügbar	1 Wirkmechanismus (MoA) bleibt als Alternative verfügbar	Keine Alternativen

Substitutionskandidaten der [Kategorie 1](#) können in der Regel ersetzt werden.

Für Substitutionskandidaten der [Kategorie 2](#) gilt, dass sie unter bestimmten Bedingungen ersetzt werden können, und zwar, wenn die vorhandenen Wirkmechanismen und die zu bekämpfenden Schadorganismen nur eine niedrige Gefahr der Ausbildung von Resistenzen aufweisen. Außerdem wurde bei der Analyse der Ersetzbarkeit auf die folgenden Punkte geachtet:

- spezifische Wirkungsweise (Kontaktwirkung oder systemische Wirkung)
- spezifischer Wirkmechanismus
- bestimmte Anwendungsart (Beizung, Spritzen, Granulat).
- Anwendung unter bestimmten Umweltbedingungen (Temperatur, Feuchtigkeit)

Die Substitutionskandidaten der [Kategorie 3](#) können in der Regel nicht ersetzt werden. Alternativen sind zwar vorhanden, aber ökonomische und praktische Nachteile sind zu erwarten.

Substitutionskandidaten, die in [Kategorie 4](#) fallen, können nicht ersetzt werden.

## 5.4.2 Ergebnisse

Die Bewertung der Substitutionskandidaten auf Basis der gewählten Kriterien (Kapitel 5.4.1) wird im Folgenden zusammengefasst. Im Anschluss werden die Ergebnisse noch in einer Übersichtstabelle abgebildet (Tabelle 10). Die detaillierte Darstellung der Bewertung der Fungizide ist im Anhang A zu finden.

In **Apfel (integrierte Produktion)** können die Substitutionskandidaten Cyprodinil, Difenconazol, Kupferhydroxid und Tebuconazol ersetzt werden, denn für die Indikation Schorf gibt es eine ausreichende Anzahl an alternativen Wirkstoffen und Wirkmechanismen. Dies gilt auch für das Tebuconazol und die Indikationen Echter Mehltau und Lagerkrankheiten.

In **Getreide** können die Substitutionskandidaten, die gegen Blattkrankheiten (Indikationen wie u.a. Braunrost, Echter Mehltau, Netzfleckenkrankheit und Blatt- u. Spelzenbräune) eingesetzt werden, in der Regel ersetzt werden. Anders sieht es bei Substitutionskandidaten aus, die zur Saatgutbehandlung in Getreide sowie zur Behandlung der Ährenfusariose eingesetzt werden. Hier gibt es nicht ausreichend alternative Wirkstoffe bzw. Wirkmechanismen.

In der **Kartoffel (integrierte Produktion)** kann auf die Substitutionskandidaten Difenconazol, Fluopicolid und die verschiedenen Kupferverbindungen für die Indikation Kraut- und Knollenfäule verzichtet werden, denn hier es gibt ausreichend alternative Wirkstoffe. Dies gilt auch für das Difenconazol und die Indikation *Alternaria*-Arten.

In den Kulturen **Mais** und **Sojabohnen** können die zurzeit zugelassenen Substitutionskandidaten nicht ersetzt werden (Ausnahme **Mais** [Bestände zur Saatgutvermehrung]: Tebuconazol und die Indikation *Helminthosporium*-Arten).

In der **Sonnenblume** kann auf den Substitutionskandidaten Difenconazol verzichtet werden, für die Indikation Weißstängeligkeit gibt es ausreichend alternative Wirkstoffe bzw. Wirkmechanismen.

In **Wein (integrierte Produktion)** können alle Substitutionskandidaten ersetzt werden.

In **Winterraps** können Substitutionskandidaten in den Indikationen Rapsschwärze (Dimoxystrobin, Metconazol, Tebuconazol), Weißstängeligkeit und Wurzelhals- und Stängelfäule (Difenconazol, Dimoxystrobin, Metconazol, Tebuconazol) ersetzt werden.

In **Zuckerrüben (integrierte Produktion)** kann der Substitutionskandidat Difenconazol in der Indikation Echter Mehltau ersetzt werden.

In der **biologischen Produktion** (betrifft die Kulturen **Apfel, Wein, Kartoffel, Zuckerrübe**) kann grundsätzlich nicht auf die Verwendung der Substitutionskandidaten (Kupferverbindungen) verzichtet werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass bei den Fungiziden fast die Hälfte (45%, n=196) aller 434 Indikationen (integrierte Produktion) in die Kategorie 1 fallen. Der Wert für die Indikationen in der Kategorie 2 liegt bei 19 % (n=82). In der biologischen Produktion fällt keine Indikation in die Kategorie 1 (0 %, n= 14). Es zeigt sich, dass es für die Ersetzbarkeit der Substitutionskandidaten aus der Gruppe der Fungizide auf den ersten Blick einen größeren Spielraum gibt, allerdings betreffen die Indikationen, die der Kategorie 1 zugeordnet wurden, im Wesentlichen das Winter- und Sommergetreide (ausgenommen Ährenfusariosen und Saatgutkrankheiten). Für die meisten Indikationen ist die Anzahl der unterschiedlichen Wirkmechanismen ohne den jeweiligen Substitutionskandidaten zu niedrig, um ein effektives und nachhaltiges Resistenzmanagement durchführen zu können. Es fehlen außerdem ausreichend wirksame, nicht-chemische Methoden für die Kontrolle von phytopathogenen Pilzen.

Tabelle 10: Fungizide – Zusammenfassung der Ersetzbarkeit der Substitutionskandidaten in den Kulturen.

Wirkstoffe	Apfel – Integrierte Produktion									
	Bitterfäule	Echter Mehltau	Feuerbrand	Fruchtmotilia	Grauschimmel	Kragenfäule	Lagerkrankheiten	Lagerkrankheiten, ausgenommen Lagerschorf	Obstbaumkrebs	Schorf
Cyprodinil	-	-	-	-	-	-	-	4	-	1
Difenoconazol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Fludioxonil	3	-	-	4	2	-	-	4	-	-
Kupferhydroxid	-	-	4	-	-	4	-	-	4	1
Kupferoxychlorid	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-
Tebuconazol	-	1	-	-	-	-	1	-	-	1

Wirkstoffe	Apfel – Biologische Produktion									
	Bitterfäule	Echter Mehltau	Feuerbrand	Fruchtmonilia	Grauschimmel	Kragenfäule	Lager-krankheiten	Lager-krankheiten, ausgenommen Lagerschorf	Obstbaumkrebs	Schorf
Kupferhydroxid	-	-	4	-	-	4	-	-	4	3
Kupferoxychlorid	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-

Wirkstoff	Hafer						
	Echter Mehltau	Flugbrand*	Fusarium-Saatgutverseuchung*	Kronenrost	Schneeschnitzel*	Septoria-Saatgutverseuchung*	Streifenkrankheit*
Benzovindiflupyr	-	-	-	1	-	-	-
Difenoconazol	-	4	3	-	4	4	4
Fludioxonil	-	4	3	-	4	4	4
Ipconazol	-	4	-	-	-	-	-
Tebuconazol	1	4	3	1	4	-	-

\*Saatgutbehandlung

Wirkstoff	Kartoffel – Integrierte Produktion		
	Kraut- und Knollenfäule	Alternaria-Arten	Schwarzbeinigkei**
Difenoconazol	1	1	-
Fluopicolid	1	-	-
Kupferhydroxid	1	-	4
Kupferoxychlorid	1	-	-
Kupfersulfat, tribasisch	1	-	-

\*\* Pflanzgutbehandlung

Wirkstoff	Kartoffel – Biologische Produktion		
	Kraut- und Knollenfäule	Alternaria-Arten	Schwarzbeinigkei**
Kupferhydroxid	4	-	4
Kupferoxychlorid	4	-	-
Kupfersulfat, tribasisch	4	-	-

\*\*Pflanzgutbehandlung

Wirkstoff	Mais						Mais (Bestände zur Saatgutvermehrung)
	Auflaufkrankheiten*	Kolbenfusariose	Kopfbrand*	Fusarium*	Vogelfraß*	Wurzeltöterkrankheit*	<i>Helminthosporium</i> -Arten
Ipconazol	-	-	3	4	-	3	-
Metalaxyl	4	-	-	-	-	-	-
Tebuconazol	-	3	-	-	-	-	1

\*Saatgutbehandlung

Wirkstoff	Sojabohne		
	Alternaria*	Fusarium*	Stängelfäule
Difenoconazol	-	-	4
Fludioxonil	4	4	-

\*Saatgutbehandlung

Wirkstoff	Sommergerste														
	Blatt- flecken- krankheit	Braun- fleckig- keit*	Echter Mehltau	Flug- brand*	Fusarium- Saatgut- verseu- chung*	Gersten- hartbrand *	Halm- bruch- krankheit	Netz- flecken- krankheit	Netz- flecken- krankheit*	Nicht- parasitäre Blatt- flecken	Schnee- schimmel*	Sprenkel- krankheit	Streifen- krankheit*	Typhula- Fäule*	Zwergrost
Benzovindiflupyr	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	1
Cyprodinil	1	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Difenoconazol	-	4	-	4	2	4	-	-	3	-	3	-	1	4	-
Fludioxonil	-	4	-	4	2	4	-	-	3	-	3	-	1	4	-
Metconazol	1	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	1
Tebuconazol	1	-	1	4	2	4	-	1	-	1	3	1	1	4	1

\*Saatgutbehandlung

Wirkstoff	Sommerhartweizen														
	Ähren- fusariose	Blatt- u. Spelzen- bräune	Braunrost	DTR- Blatt- dürre	Echter Mehltau	Flug- brand*	Fusarium- Saatgut- verseu- chung*	Gelbrost	Halm- bruch- krankheit	Scharfer Augen- fleck*	Schnee- schimmel*	Septoria- Blatt- dürre	Septoria- Saatgut- verseu- chung*	Stein- brand*	Zwerg- steinbrand *
Benzovindiflupyr	3	1	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Bromuconazol	3	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Cyprodinil	-	-	-	-	1	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
Difenoconazol	-	-	1	-	-	3	2	1	-	4	3	1	2	2	4
Fludioxonil	-	-	-	-	-	3	2	-	-	4	3	-	2	2	4
Metconazol	3	1	1	1	1	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-
Tebuconazol	3	1	1	1	1	3	2	1	-	4	3	1	2	2	4

\*Saatgutbehandlung

Wirkstoff	Sommerweichweizen														
	Ähren- fusariose	Blatt- u. Spelzen- bräune	Braunrost	DTR- Blatt- dürre	Echter Mehltau	Flug- brand*	Fusarium- Saatgut- verseu- chung*	Gelbrost	Halm- bruch- krankheit	Scharfer Augen- fleck*	Schnee- schimmel *	Septoria- Blatt- dürre	Septoria- Saatgut- verseu- chung*	Stein- brand*	Zwerg- stein- brand*
Benzovindiflupyr	3	1	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Bromuconazol	3	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Cyprodinil	-	-	-	-	1	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
Difenoconazol	-	-	1	-	-	3	2	1	-	4	3	1	2	2	4
Fludioxonil	-	-	-	-	-	3	2	-	-	4	3	-	2	2	4
Metconazol	3	1	1	1	1	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-
Tebuconazol	3	1	1	1	1	3	2	1	-	4	3	1	2	2	4

\*Saatgutbehandlung

Wirkstoff	Sonnenblume	
	Grauschimmel*	Weißstängeligkeit
Difenoconazol	-	1
Fludioxonil	4	-

\*Saatgutbehandlung

Wirkstoff	Wein – Integrierte Produktion					Wein (Nutzung als Tafeltrauben) – Integrierte Produktion	
	Echter Mehltau	Falscher Mehltau	Graufäule (Botrytis)	Roter Brenner	Schwarzfäule	Roter Brenner	Schwarzfäule
Cyprodinil	-	-	1	-	-	-	-
Difenoconazol	1	-	-	1	1	-	-
Fludioxonil	-	-	1	-	-	-	-
Fluopicolid	-	1	-	-	-	-	-
Kupferhydroxid	-	1	-	-	-	1	1
Kupferoxychlorid	-	1	-	-	-	-	-
Kupfersulfat, tribasisch	-	1	-	1	-	-	-
Tebuconazol	1	-	-	-	1	-	-

Wirkstoff	Wein – Biologische Produktion					Wein (Nutzung als Tafeltrauben) – Biologische Produktion	
	Echter Mehltau	Falscher Mehltau	Graufäule (Botrytis)	Roter Brenner	Schwarzfäule	Roter Brenner	Schwarzfäule
Kupferhydroxid	-	4	-	-	-	4	4
Kupferoxychlorid	-	4	-	-	-	-	-
Kupfersulfat, tribasisch	-	4	-	4	-	-	-

Wirkstoff	Wintergerste														
	Blatt- flecken- krankheit	Braun- fleckigkeit *	Echter Mehltau	Flug- brand*	Fusarium- Saatgut- verseu- chung*	Gersten- hart- brand*	Halm- bruch- krankheit	Netz- flecken- krankheit	Netz- flecken- krankheit *	Nicht- parasitäre Blatt- flecken	Schnee- schimmel *	Sprenkel- krankheit	Streifen- krankheit *	Typhula- Fäule*	Zwerg- rost
Benzovindiflupyr	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	1
Cyprodinil	1	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Difenoconazol	-	4	-	4	2	4	-	-	3	-	2	-	1	4	-
Fludioxonil	-	4	-	4	2	4	-	-	3	-	2	-	1	4	-
Ipconazol	-	-	-	4	2	-	-	-	-	-	2	-	1	-	-
Metconazol	1	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	1
Tebuconazol	1	-	1	4	2	4	-	1	-	1	2	1	1	4	1

\*Saatgutbehandlung

Wirkstoff	Winterhartweizen														
	Ähren- fusariose	Blatt- u. Spelzen- bräune	Braun- rost	DTR- Blatt- dürre	Echter Mehltau	Flug- brand*	Fusarium- Saatgut- verseu- chung*	Gelbrost	Halm- bruch- krankheit	Scharfer Augen- fleck*	Schnee- schimmel *	Septoria- Blatt- dürre	Septoria- Saatgut- verseu- chung*	Stein- brand*	Zwerg- stein- brand*
Benzovindiflupyr	3	1	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Bromuconazol	3	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Cyprodinil	-	-	-	-	1	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
Difenoconazol	-	-	1	-	-	3	2	1	-	4	2	1	2	2	4
Fludioxonil	-	-	-	-	-	3	2	-	-	4	2	-	2	2	4
Ipconazol	-	-	-	-	-	3	2	-	-	-	2	-	2	2	-
Metconazol	3	1	1	1	1	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-
Tebuconazol	3	1	1	1	1	3	2	1	-	4	2	1	2	2	4

\*Saatgutbehandlung

Wirkstoff	Winterraps									
	Falscher Mehltau*	Kohl-schwärze*	Rapsschwärze	Raps-schwärze*	Rhizoctonia*	Stand-festigkeit***	Weiß-stängeligkeit	Winter-festigkeit ***	Wurzelhals-und Stängelfäule	Wurzelhals-und Stängelfäule*
Difenoconazol	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-
Dimoxystrobin	-	-	1	-	-	-	1	-	1	-
Fluopicolid	4	4	-	4	4	-	-	-	-	4
Metconazol	-	-	1	-	-	2	1	3	1	-
Tebuconazol	-	-	1	-	-	2	1	3	1	-

\*Saatgutbehandlung

\*\*\*Für die Bewertung der Ersetzbarkeit von Wachstumsregulatoren wurde die Anzahl der alternativen Wirkstoffe herangezogen (Kapitel 5.6).

Wirkstoff	Winterroggen								
	Blattflecken- krankheit	Braunrost	Echter Mehltau	Fusarium- Saatgutverseu- chung*	Halmbruch- krankheit	Schneeschnitzel *	Stängelbrand*	Steinbrand*	Zwerg- steinbrand*
Benzovindiflupyr	1	1	-	-	-	-	-	-	-
Bromuconazol	-	1	1	-	-	-	-	-	-
Cyprodinil	-	-	-	-	2	-	-	-	-
Difenoconazol	-	1	-	2	-	3	3	4	4
Fludioxonil	-	-	-	2	-	3	3	4	4
Metconazol	1	1	1	-	-	-	-	-	-
Tebuconazol	1	1	1	2	-	3	3	-	-

\*Saatgutbehandlung

Wirkstoff	Wintertriticale												
	Ähren- fusariose	Blatt- flecken- krankheit	Braunrost	Echter Mehltau	Fusarium- Saatgut- verseu- chung*	Gelbrost	Halmbruch- krankheit	Schnee- schimmel*	Septoria- Arten	Septoria- Saatgut- verseu- chung*	Stängel- brand*	Stein- brand*	Zwerg- stein- brand*
Benzovindiflupyr	3	2	1	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-
Bromuconazol	3	-	1	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Cyprodinil	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
Difenoconazol	-	-	1	-	2	1	-	3	1	4	-	4	4
Fludioxonil	-	-	-	-	2	-	-	3	-	4	4	4	4
Metconazol	3	-	1	1	-	1	-	-	1	-	-	-	-
Tebuconazol	3	2	1	1	2	1	-	3	1	-	4	-	-

\*Saatgutbehandlung

Wirkstoff	Winterweichweizen														
	Ähren- fusariose	Blatt- u. Spelzen- bräune	Braun- rost	DTR- Blatt- dürre	Echter Mehltau	Flug- brand*	Fusarium- Saatgut- verseu- chung*	Gelbrost	Halm- bruch- krankheit	Scharfer Augen- fleck*	Schnee- schimmel *	Septoria- Blatt- dürre	Septoria- Saatgut- verseu- chung*	Stein- brand*	Zwerg- stein- brand*
Benzovindiflupyr	3	1	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Bromuconazol	3	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Cyprodinil	-	-	-	-	1	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
Difenoconazol	-	-	1	-	-	3	2	1	-	4	2	1	2	2	4
Fludioxonil	-	-	-	-	-	3	2	-	-	4	2	-	2	2	4
Ipconazol	-	-	-	-	-	3	2	-	-	-	2	-	2	2	-
Metconazol	3	1	1	1	1	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-
Tebuconazol	3	1	1	1	1	3	2	1	-	4	2	1	2	2	4

\*Saatgutbehandlung

Wirkstoff	Zuckerrübe – Integrierte Produktion			
	Cercospora-Blattfleckenkrankheit	Echter Mehltau	Ramularia-Blattfleckenkrankheit	Rübenrost
Difenoconazol	3	1	2	2
Kupferoxychlorid	3	-	-	-

Wirkstoff	Zuckerrübe – Biologische Produktion			
	Cercospora-Blattfleckenkrankheit	Echter Mehltau	Ramularia Blattfleckenkrankheit	Rübenrost
Kupferoxychlorid	4	-	-	-

## 5.5 Herbizide

### 5.5.1 Bewertungsvorgang

Der Bewertungsvorgang der Herbizide unterscheidet sich von demjenigen der Insektizide und Fungizide.

Herbizide wirken in der Regel gegen eine Vielzahl verschiedener Unkrautarten. Sie können hinsichtlich ihres Wirkungsspektrums wie folgt eingeteilt werden:

- Wirkstoffe mit ausschließlicher Wirkung gegen einkeimblättrige Unkräuter (Gräser)
- Wirkstoffe mit ausschließlicher Wirkung gegen zweikeimblättrige Unkräuter
- Wirkstoffe mit einer Wirkung gegen ein- und zweikeimblättrige Unkräuter

Es gilt, dass verschiedene Herbizide (auch aus der gleichen HRAC-Wirkstoffgruppe) in der Regel kein identisches Wirkungsspektrum haben. Es gibt jedoch Überlappungen in den Wirkungsspektren verschiedener Wirkstoffe.

Für die Anbaupraxis in den einzelnen Kulturen ist es daher wichtig, dass ausreichend Wirkstoffe und verschiedene Wirkmechanismen zu Verfügung stehen, um sie entsprechend der standortspezifischen Unkrautflora einsetzen zu können und um Resistenzen vorzubeugen.

Es kommt hinzu, dass bei der Applikation der Herbizide spezifische Applikations- (z. B. Witterung, Bodenverhältnisse) und Anwendungsbedingungen (Herbst- oder Frühjahrsanwendung) zu berücksichtigen sind, um eine ausreichende Kontrolle der Unkräuter gewährleisten zu können. Für diese Situationen müssen entsprechend ausreichend Wirkstoffe und verschiedene Wirkmechanismen verfügbar sein.

Die Kriterien, die für die Kategorisierung der Herbizide verwendet wurden, waren daher die Folgenden:

- Verfügbarkeit von Alternativen
- Gewährleistung eines Resistenzmanagements durch die verbleibenden Möglichkeiten zur Bekämpfung des jeweiligen Schaderregers

Für das erste Kriterium Alternativen ist vor allem die Anzahl alternativer Wirkstoffe und deren Wirkungsspektrum ausschlaggebend. Hinzu kommen gegebenenfalls sonstige Alternativen. Im Rahmen der Studie wurden allerdings nur solche Maßnahmen als Alternative in Betracht

gezogen, die eine wirksame und nachhaltige Unkrautbekämpfung ermöglichen und bereits weitgehend in der landwirtschaftlichen Praxis angewandt werden.

Anschließend erfolgte eine Zuordnung in eine der drei folgenden Kategorien.

- Alternativen sind ausreichend vorhanden
- Alternativen sind eingeschränkt vorhanden, aber noch ausreichend
- Alternativen sind deutlich eingeschränkt / nicht vorhanden

Die Beurteilung, ob ein effektives Resistenzmanagement mit den alternativen Wirkstoffen gewährleistet ist, richtet sich nach der Anzahl unterschiedlicher Wirkmechanismen in Anlehnung an Rotteveel et al. (2011). Es erfolgte eine Zuordnung in eine der drei folgenden Kategorien.

- Resistenzmanagement nicht beeinträchtigt:  $\geq 4$  Wirkmechanismen
- Resistenzmanagement möglich: 3 Wirkmechanismen (= Mindestzahl unterschiedlicher Wirkmechanismen für ein effektives Resistenzmanagement)
- Resistenzmanagement nicht möglich:  $\leq 2$  Wirkmechanismen

Für die Kategorisierung der Ersetzbarkeit wurde die folgende Matrix verwendet (Tabelle 11).

Tabelle 11: Matrix zur Ermittlung der Kategorisierung der Ersetzbarkeit von Substitutionskandidaten aus der Gruppe der Herbizide auf Basis der Anzahl verfügbarer Wirkmechanismen und Alternativen.

		Resistenzmanagement		
		nicht beeinträchtigt	möglich	nicht möglich
Alternativen	ausreichend vorhanden	Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 4
	eingeschränkt vorhanden	Kategorie 2	Kategorie 3	Kategorie 4
	deutlich eingeschränkt / nicht vorhanden	Kategorie 4	Kategorie 4	Kategorie 4

Substitutionskandidaten der Kategorie 1 können in der Regel ersetzt werden.

Für Substitutionskandidaten der Kategorie 2 gilt, dass sie unter bestimmten Bedingungen ersetzt werden können, und zwar, wenn die vorhandenen Wirkmechanismen und die zu bekämpfenden Schadorganismen nur eine niedrige Gefahr der Ausbildung von Resistenzen

aufweisen. Vorrangig sollen jedenfalls die verfügbaren Alternativen eingesetzt werden. Darüber hinaus gibt es bestimmte Situationen in der landwirtschaftlichen Praxis, bei denen eine Anwendung des Substitutionskandidaten notwendig ist. Dazu gehören unter anderem die Folgenden:

- Spezifische Wirkung auf eine Unkrautart oder eine Gruppe von Unkräutern (z. B. Hirse-Arten), die zu den Leitunkräutern<sup>15</sup> in der Kultur gehören.
- Spezifische Wirkung auf Problemunkräuter<sup>16</sup>.
- Einsatz aufgrund spezifischer Applikations- und Anwendungsbedingungen (u.a. Witterung, Bodenverhältnisse, Herbst- oder Frühjahrsanwendung).
- Einsatz zur Resistenzvorbeugung oder Resistenzbrechung<sup>17</sup>

Die Substitutionskandidaten der [Kategorie 3](#) können in der Regel nicht ersetzt werden. Alternativen sind zwar vorhanden, aber ökonomische und praktische Nachteile sind zu erwarten.

Substitutionskandidaten, die in [Kategorie 4](#) fallen, können nicht ersetzt werden.

---

<sup>15</sup> Leitunkraut: Vorherrschende (dominierende) Unkrautarten auf einer Ackerfläche, nach denen sich die Unkrautkontrolle (d.h. die HerbizidAuswahl) richtet.

<sup>16</sup> Problemunkräuter: Unkräuter, die aufgrund ihrer Biologie und Ökologie nur schwer zu kontrollieren sind oder spezielle Auswirkungen haben (z. B. Auswirkungen auf die Gesundheit).

<sup>17</sup> Der Einsatz eines Substitutionskandidaten ist aufgrund seines spezifischen Wirkmechanismus notwendig.

## 5.5.2 Ergebnisse

Die Bewertung der Substitutionskandidaten auf Basis der gewählten Kriterien (Kapitel 5.5.1) wird im Folgenden zusammengefasst. Im Anschluss werden die Ergebnisse noch in einer Übersichtstabelle abgebildet (Tabelle 12). Die detaillierte Darstellung der Bewertung der Herbizide ist im Anhang A zu finden.

In **Apfel** sind zur Unkrautbekämpfung im Baumstreifen alternative Wirkstoffe mit unterschiedlichen Wirkmechanismen zum Substitutionskandidaten Propyzamid zugelassen. Eine Alternative zum Einsatz von Herbiziden in Apfel ist grundsätzlich auch die mechanische Bekämpfung.

In **Getreide** kann auf den Substitutionskandidaten Metribuzin (Ausnahme Wintergerste) in der Regel verzichtet werden. Dies gilt nicht für die Wirkstoffe Aclonifen, Chlortoluron, Diflufenican, Flufenacet und Pendimethalin, die aufgrund ihrer Wirkmechanismen und ihres Wirkungsspektrums in vielen Anbausituationen in Wintergetreide (Ungrasbekämpfung, Applikationszeitpunkt – Herbsteinsatz) von Bedeutung sind.

In **Kartoffel** ist die Auswahl an alternativen Wirkstoffen begrenzt. Der Substitutionskandidat Aclonifen kann nicht ersetzt werden, während eine Unkrautbekämpfung ohne die beiden Substitutionskandidaten Metribuzin und Flufenacet grundsätzlich möglich ist.

In **Mais** können anstatt der Substitutionskandidaten Aclonifen, Flufenacet und Pendimethalin alternative Wirkstoffe eingesetzt werden. Die Wirkstoffe Prosulfuron und Nicosulfuron aus der Gruppe der Sufonylharnstoffe sowie das Tembotrion aus der Gruppe der Triktone sind aufgrund ihrer spezifischen Wirkung auf bestimmte Unkrautarten von Bedeutung und wurden trotz der ausreichenden Anzahl an verfügbaren Wirkmechanismen in die Kategorie 2 eingestuft.

In **Sonnenblume** und **Sojabohne** ist die Anzahl an alternativen Wirkstoffen nicht ausreichend, so dass auf die Substitutionskandidaten in diesen beiden Kulturen nicht verzichtet werden kann.

In **Wein** sind zur Unkrautbekämpfung im Unterstockbereich alternative Wirkstoffe mit unterschiedlichen Wirkmechanismen zum Substitutionskandidaten Propyzamid zugelassen. Eine Alternative zum Einsatz von Herbiziden in Wein ist grundsätzlich die mechanische Bekämpfung.

In **Winterraps** sind alternative Wirkstoffe vorhanden. Auf den Einsatz der Substitutionskandidaten Imazamox und Pendimethalin kann daher in der Regel verzichtet

werden. Der Wirkstoff Propyzamid ist ein wichtiger Bestandteil der Bekämpfungsstrategie auf Standorten mit einem starken Besatz an (resistenten) Ungräsern und hat eine wesentliche Bedeutung für die Resistenzvorbeugung und -brechung.

In **Zuckerrüben** kann auf den Substitutionskandidaten Lenacil in der Regel verzichtet werden, allerdings ist dieser Wirkstoff von Bedeutung auf Standorten mit spezifischer Unkrautflora und/oder zur Absicherung gegen eine Spätverunkrautung.

Die Ergebnisse zeigen, dass bei den Herbiziden 18 % (n=12) aller 66 bewerteten Indikationen in die Kategorie 1 fallen. Der Wert für die Indikationen in der Kategorie 2 liegt bei 64 % (n=42). Für fast ein Fünftel der Indikationen ist die Anzahl der unterschiedlichen Wirkmechanismen ohne den jeweiligen Substitutionskandidaten zu niedrig, um ein effektives und nachhaltiges Resistenzmanagement durchführen zu können. Die hohe Anzahl der Indikationen, die in Kategorie 2 fallen, beruht im Wesentlichen darauf, dass die Substitutionskandidaten aufgrund ihres Wirkungsspektrums und ihrer Anwendungszeitpunkte in spezifischen Anbausituationen (u.a. Unkrautflora, Anwendungsmöglichkeit im Herbst) von Bedeutung sind.

Tabelle 12: Herbizide – Zusammenfassung der Ersetzbarkeit der Substitutionskandidaten in den Kulturen.

Wirkstoff	Kulturen								
	Mais	Ölkürbis	Sonnenblume	Sojabohne	Winterraps	Zuckerrübe	Kartoffel	Wein	Apfel
Aclonifen	1	-	3	-	-	-	3	-	-
Flufenacet	1	-	-	3	-	-	2	-	-
Imazamox	-	-	3	3	1	-	-	-	-
Lenacil	-	-	-	-	-	2	-	-	-
Metribuzin	-	-	-	3	-	-	2	-	-
Nicosulfuron	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Pendimethalin	1	-	3	3	1	-	-	-	-
Propyzamid	-	-	-	-	2	-	-	1	1
Prosulfuron	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Tembotrion	2	-	-	-	-	-	-	-	-

Wirkstoff	Kulturen									
	Winterweizen		Wintergerste	Wintertriticale	Winterroggen	Hafer		Sommergerste	Sommerweizen	
	WWW*	WHW				WH	SH		SWW	SHW
Aclonifen	2	2	2	2	2	-	-	-	-	-
Chlortoluron	2	2	2	2	2	-	-	-	-	-
Diflufenican	2	2	2	2	2	-	2	2	2	-
Flufenacet	2	3	2	3	3	-	-	3	4	-
Metribuzin	1	-	2	1	1	-	-	1	1	-
Metsulfuron-methyl	2	-	2	2	2	2	2	2	2	2
Pendimethalin	2	-	2	2	2	-	-	-	-	-

\* WWW = Winterweichweizen, WHW = Winterhartweizen , WH = Winterhafer, SH = Sommerhafer, SWW = Sommerweichweizen, SHW = Sommerhartweizen

## 5.6 Sonstige Wirkungstypen

### 5.6.1 Bewertungsvorgang

In diese Gruppe fallen zwei Substitutionskandidaten, und zwar der Wirkstoff Paclobutrazol (Gruppe der Wachstumsregulatoren) und der Wirkstoff Ziram (Gruppe der Repellents).

Im Gegensatz zu den anderen Wirkstoffgruppen spielt die Gewährleistung eines Resistenzmanagements nur eine untergeordnete Rolle. Hier ist es wichtig, dass ausreichend alternative Wirkstoffe in den Kulturen zu Verfügung stehen.

Für die Kategorisierung der Ersetzbarkeit wurde daher die folgende Matrix verwendet (Tabelle 13).

Tabelle 13: Matrix zur Ermittlung der Kategorisierung der Ersetzbarkeit von Substitutionskandidaten aus der Gruppe sonstige Wirkungstypen.

Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3	Kategorie 4
≥ 3 Wirkstoffe (Repellents/Wachstumsregulatoren) bleiben als Alternative verfügbar	2 Wirkstoffe (Repellents/Wachstumsregulatoren) bleiben als Alternative verfügbar	1 Wirkstoff (Repellents/Wachstumsregulatoren) bleibt als Alternative verfügbar	Keine Alternativen

### 5.6.2 Ergebnisse

Die Bewertung der Substitutionskandidaten auf Basis der gewählten Kriterien (Kapitel 5.6.1) wird im Folgenden zusammengefasst. Im Anschluss werden die Ergebnisse noch in einer Übersichtstabelle abgebildet (Tabelle 14). Die detaillierte Darstellung der Bewertung der sonstigen Wirkungstypen ist im Anhang A zu finden.

In **Winterraps** können als Alternative zum Substitutionskandidaten Paclobutrazol zwei weitere Wachstumsregulatoren eingesetzt werden.

In **Mais** kann auf den Substitutionskandidaten Ziram mit der Indikation Vogelfraß nicht verzichtet werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass bei den sonstigen Wirkungstypen keine der bewerteten Indikationen in die Kategorie 1 fällt.

Tabelle 14: Sonstige Wirkungstypen – Zusammenfassung der Ersetzbarkeit der Substitutionskandidaten in den Kulturen.

Wirkstoff	Winterraps Verbesserung der Standfestigkeit
Paclobutrazol	2

Wirkstoff	Mais Vogelfraß*
Ziram	4

\*Saatgutbehandlung

# 6 Auswirkungen einer Reduktion der Substitutionskandidaten auf die Farm to Fork-Indikatoren

Die Auswirkungen einer Reduktion des Einsatzes der Substitutionskandidaten auf die Farm to Fork-Indikatoren 1 und 2 wurden für alle Substitutionskandidaten abgeschätzt, bei denen zumindest eine der Indikationen in die Kategorie 1 fällt. Die Basis für die Berechnung des Reduktionspotentials bilden die Daten aus der Statistik zur Verwendung von Pflanzenschutzmitteln aus dem Jahr 2017 (AGES 2022), die in Verkehr gebrachten Wirkstoffmengen (Kapitel 3.3) und die Ergebnisse der Bewertung der Ersetzbarkeit (Kapitel 5).

Die allgemeine Vorgangsweise der Berechnung wird anhand eines Beispiels erläutert: Der Substitutionskandidat Pendimethalin wird in Mais zur Unkrautkontrolle eingesetzt und diese Indikation wurde der Kategorie 1 zugeordnet. Im Jahr 2017 wurden 23,4 % der in Verkehr gebrachten Menge des Wirkstoffs Pendimethalin in der Kultur Mais eingesetzt. Dieser Prozentsatz wurde auch für die Inverkehrbringungsmenge 2021 verwendet. Der errechnete Wert (in Tonnen Wirkstoff) ergibt das theoretische Reduktionspotential. Adaptierungen dieser Berechnung wurden vorgenommen, wenn nicht alle Indikationen des Substitutionskandidaten in die Kategorie 1 eingestuft wurden. Dies war beispielsweise bei den Substitutionskandidaten Tebuconazol und Difenconazol der Fall.

## 6.1 Abschätzung des Reduktionspotentials nach Substitutionskandidat und Wirkungstyp

Das berechnete Reduktionspotential für alle Substitutionskandidaten mit Indikationen, die in Kategorie 1 eingestuft wurden, liegt bei einer Wirkstoffmenge von 164 Tonnen, was ca. 30,5 % der in Verkehr gebrachten Menge an Substitutionskandidaten entspricht (Abbildung 12).

Das größte Reduktionspotential liegt bei den folgenden sechs Wirkstoffen (in alphabetischer Reihenfolge): Difenoconazol, Flufenacet, Kupferhydroxid, Kupferoxychlorid, Pendimethalin, Tebuconazol.

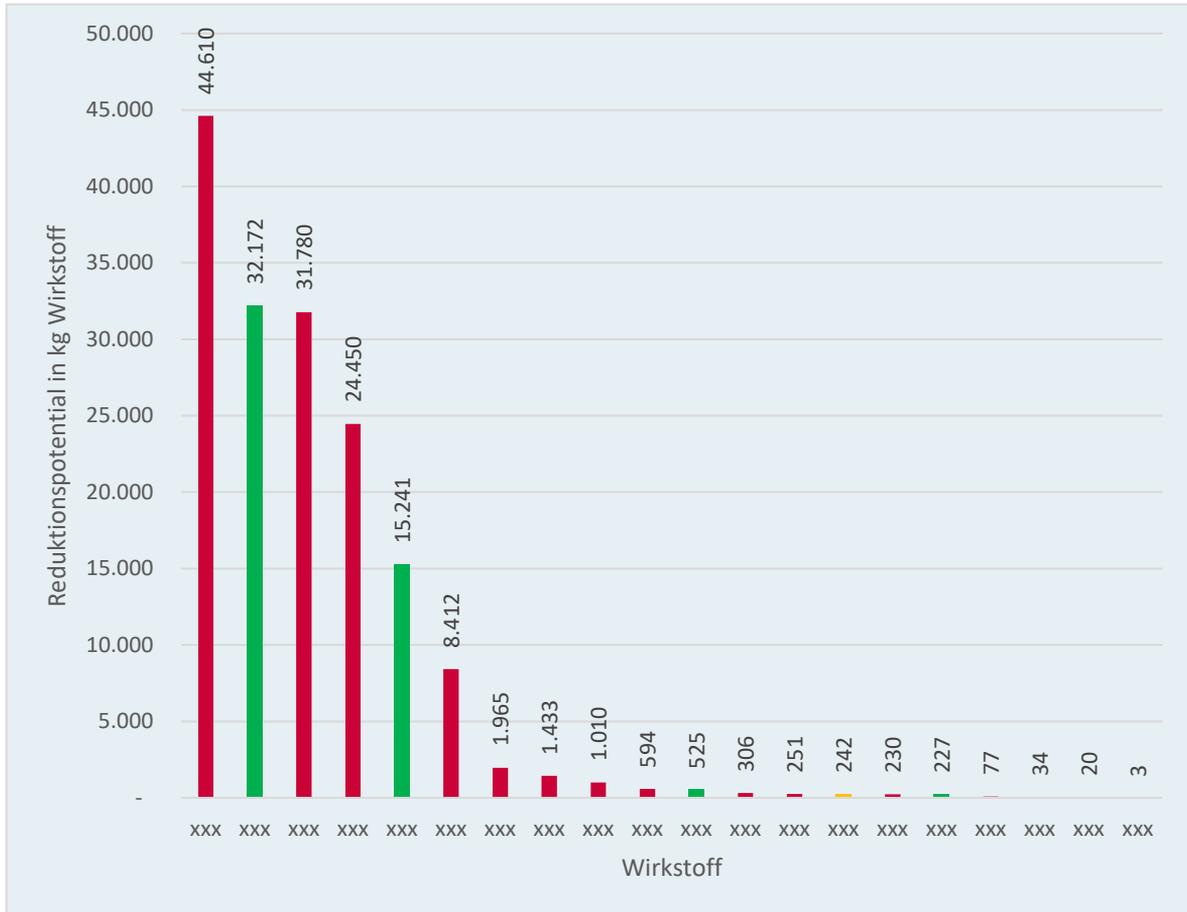


Abbildung 12: Reduktionspotential in kg Wirkstoff, Fungizide rot, Herbizide grün, Insektizide orange. Aus Datenschutzgründen werden die einzelnen Wirkstoffnamen nicht angeführt.

Aufgeschlüsselt nach Wirkungstyp ist das Reduktionspotential bei den Fungiziden mit 40 % (115 Tonnen) am höchsten, bei den Herbiziden liegt es bei 25 % (48 Tonnen) und bei den Insektiziden nur bei 2 % (0,3 Tonnen). Bei den sonstigen Wirkungstypen fällt keine Indikation in die Kategorie 1 (Abbildung 13).

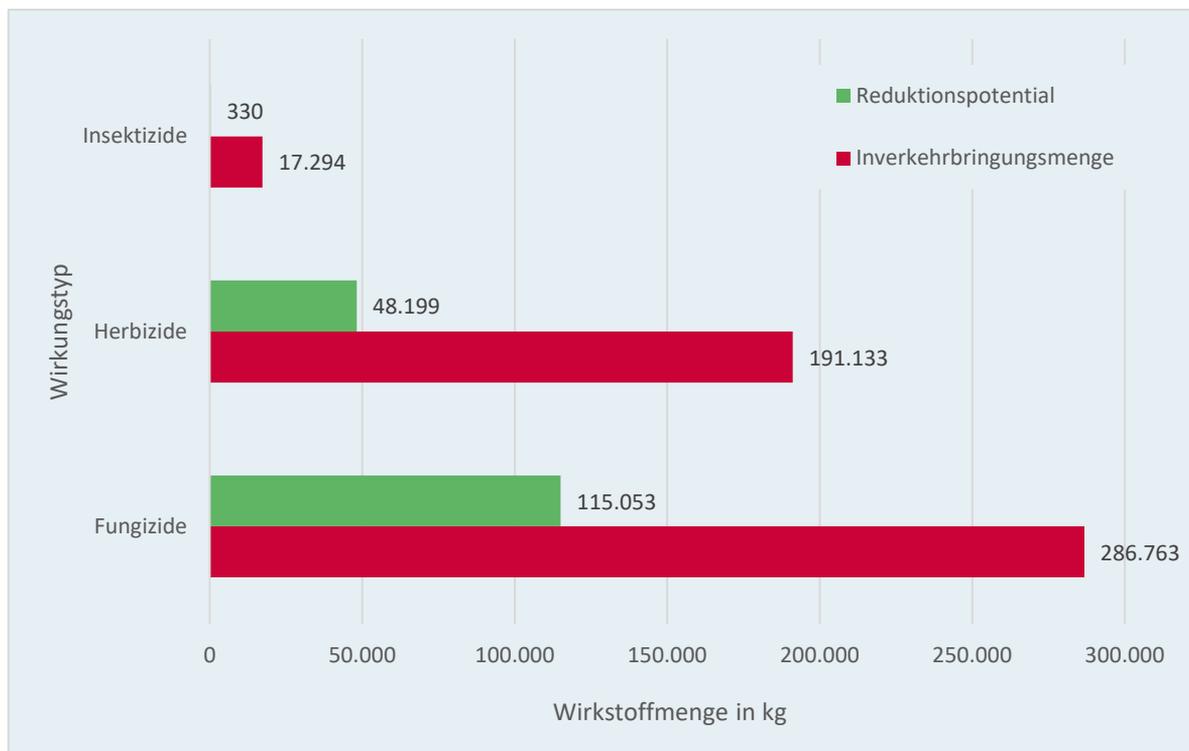


Abbildung 13: Inverkehrbringungsmenge der Substitutionskandidaten und Reduktionspotential in kg Wirkstoff nach Wirkungstyp dargestellt.

## 6.2 Auswirkungen auf die Farm to Fork-Indikatoren

Die Farm to Fork-Strategie enthält spezifische Ziele im Bereich Pflanzenschutz und Indikatoren zur Messung von Verwendung und Risiko von Pflanzenschutzmitteln (Kapitel 4.3).

Für die Berechnung des Farm to Fork-Indikators 1 („Verwendung und Risiko“) wurde angenommen, dass die Substitutionskandidaten mengenmäßig 1:1 durch Pflanzenschutzmittel, die keine Substitutionskandidaten enthalten, ersetzt werden. Da für das Jahr 2021 noch keine Berechnungsgrundlage der Farm to Fork-Indikatoren verfügbar ist, wurde das Reduktionspotential in Tonnen Wirkstoff auf Basis der Inverkehrbringungsmenge des Jahres 2020 berechnet, dies entspricht 140 Tonnen. Eine Reduktion um diesen Wert würde zu einem Rückgang des Farm to Fork-Indikators 1 (Ausgangsbasis 2020) um 5 Indexpunkte führen (Abbildung 14).

Das Ergebnis zeigt, dass, obwohl 30,5 % der Inverkehrbringungsmenge der Substitutionskandidaten reduziert wird, der Farm to Fork-Indikator 1 nur um wenige Indexpunkte zurückgeht. Dies ist auf die Berechnungsmethodik dieses Risikoindikators zurückzuführen, denn einerseits haben Substitutionskandidaten aktuell nur einen Anteil von 15 % am Index (Jahr 2020) und andererseits fließen Wirkstoffe, die die Substitutionskandidaten ersetzen, zusätzlich in die Berechnung mit ein.



Abbildung 14: Entwicklung des Farm to Fork-Indikators 1 und Auswirkungen einer Reduktion des Einsatzes von Substitutionskandidaten, die in die Kategorie 1 eingestuft wurden.

Der Farm to Fork-Indikator 2 dient als Indikator für die Reduktion von Pflanzenschutzmitteln, die Substitutionskandidaten als Wirkstoffe enthalten. Die Reduktion von 140 Tonnen Wirkstoff von Substitutionskandidaten (Ausgangsbasis Inverkehrbringungsmenge 2020, Berechnungsmethode siehe oben) würde zu einem Rückgang des Farm to Fork-Indikators 2 von 28 Indexpunkten führen (Abbildung 15). Die Ergebnisse zeigen, dass jede Reduktion des Einsatzes der Substitutionskandidaten einen direkten Effekt auf den Farm to Fork-Indikator 2 hat.



Abbildung 15: Entwicklung des Farm to Fork-Indikators 2 und Auswirkungen einer Reduktion des Einsatzes von Substitutionskandidaten, die in die Kategorie 1 eingestuft wurden.

# 7 Umsetzung der Ergebnisse in die Praxis

Das Ziel des Projektes ist die Ausarbeitung der Möglichkeiten der Ersetzbarkeit und die Reduktion des Einsatzes von Pflanzenschutzmittel, die Substitutionskandidaten enthalten. Der Fokus für die Umsetzung der Ergebnisse liegt in der Bewusstseinsbildung bei den Landwirt:innen, der Beratung und Stakeholdern (Verbände, Organisationen) aber speziell auch bei der Vermittlung von grundsätzlichen Empfehlungen zum Umgang mit Substitutionskandidaten in der landwirtschaftlichen Praxis unter Einbezug der konkreten Ergebnisse aus diesem Projekt.

Die allgemeine Strategie umfasst dabei die folgenden zwei Punkte:

## 1. Bereitstellung allgemeiner Informationen

Es ist vorgesehen, dass Erläuterungen und aktuelle Informationen zu den Substitutionskandidaten auf der AGES-Homepage ([www.ages.at](http://www.ages.at)) veröffentlicht werden.

Beispieltext:

### *Substitutionskandidaten in der landwirtschaftlichen Praxis*

Die Zulassung und Anwendung von Pflanzenschutzmitteln unterliegt bereits jetzt strengen gesetzlichen Regelungen. Diese sollen sicherstellen, dass Pflanzenschutzmittel keine schädlichen Auswirkungen auf die Gesundheit von Mensch oder Tier und keine unannehmbaren Auswirkungen auf die Umwelt haben.

Im Rahmen der Farm to Fork-Strategie („Green Deal“) wird eine Reduktion der Verwendung und des Risikos von Pflanzenschutzmitteln und der Einsatz von gefährlicheren Pflanzenschutzmitteln, die sogenannte Substitutionskandidaten enthalten, um insgesamt 50 % bis zum Jahr 2030 angestrebt.

Einige der zurzeit in Österreich zugelassenen Pflanzenschutzmittel enthalten diese Substitutionskandidaten. Darunter sind Wirkstoffe zu verstehen, die bestimmte spezifische unerwünschte Stoffeigenschaften besitzen. Es ist festzuhalten, dass diese Substitutionskandidaten ausnahmslos genehmigte Wirkstoffe sind und alle Anforderungen für die Genehmigung für Wirkstoffe auf EU-Ebene erfüllen. Für die Substitutionskandidaten gilt, dass bei korrekter Anwendung unter Einhaltung der Anwendungsvorschriften und Auflagen kein Risiko für den Anwender und den Konsumenten sowie keine unannehmbaren Auswirkungen für die Umwelt bestehen.

Es sind zurzeit 37 Substitutionskandidaten in zugelassenen Pflanzenschutzmitteln in Österreich enthalten (Stand April 2023).

<b>Insektizide</b>			
Cypermethrin	Etoxazol	Emamectin	Esfenvalerat
Etofenprox	Gamma-Cyhalothrin	Lambda-Cyhalothrin	Pirimicarb
<b>Fungizide</b>			
8-Hydroxychinolin	Benzovindiflupyr	Bromuconazol	Cyprodinil
Difenoconazol	Dimoxystrobin	Fludioxonil	Fluopicolid
Fluopicolid	Ipconazol	Kupferhydroxid	Kupferoxychlorid
Kupfersulfat, tribasisch	Metalaxyl	Metconazol	Tebuconazol
<b>Herbizide</b>			
Aclonifen	Chlortoluron	Diflufenican	Flufenacet
Imazamox	Lenacil	Metribuzin	Metsulfuron-methyl
Nicosulfuron	Pendimethalin	Propyzamid	Prosulfuron
Tembotrion			
<b>Sonstige Wirkungstypen</b>			
Paclobutrazol	Ziram		

## 2. Empfehlungen zum Umgang mit Substitutionskandidaten

- Vorrangig sollten Pflanzenschutzmittel eingesetzt werden, die keine Substitutionskandidaten enthalten.
- Das Resistenzmanagement ist jedoch unbedingt zu berücksichtigen. Ein Wirkstoffwechsel zur Vermeidung der Resistenzbildung muss eingehalten werden. Es können daher auch Pflanzenschutzmittel, die Substitutionskandidaten enthalten, eingesetzt werden.
- Verzicht auf den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, die Substitutionskandidaten enthalten, in Indikationen (Kombination aus Schaderreger und Kultur), die in Kategorie 1 fallen.

Diese Empfehlungen und Informationen können in der Landwirtschaft verbreitet werden, indem sie beispielsweise in den einschlägigen Publikationen zum Pflanzenschutz und zur Produktauswahl (u.a. OnFarming<sup>18</sup>, Feldbauratgeber der Landwirtschaftskammern<sup>19</sup>) publiziert

<sup>18</sup> OnFarming: <https://www.onfarming.at/inhalt/sortiment-ratgeber/landingpages/promotions/services/pflanzenschutz>

<sup>19</sup> Feldbauratgeber 2023. <https://www.lko.at/feldbauratgeber-f%C3%BCr-den-fr%C3%BChjahresanbau-2023+2400+2856855>

werden. Pflanzenschutzmittel, die Substitutionskandidaten enthalten, können markiert werden, flankiert durch allgemeine und spezifische Informationen (z.B. die Beachtung des Resistenzmanagements, Substitutionskandidaten haben eine aufrechte Wirkstoffgenehmigung und Produktzulassung).

In Abbildung 16 ist eine beispielhafte Umsetzung der Markierung in den genannten Publikationen zu sehen. Pflanzenschutzmittel, die Substitutionskandidaten enthalten, sind orange hinterlegt.

Getreideherbizide für den Herbstinsatz (Auswahl)																				
Produkt	Wirkstoff	HRAC <sup>4)</sup> Einstufung	Aufwand-menge/ha	Getreideart	Anwendungszeit	Kleberkraut	Kamillarten	Vogelmiere	Ehrenpreisarten	Taubnesselarten	Sterkuliarten	Ausfallgras	Kornblume	Windhalm	Ackerfuchsschwanzgras	ca. Preise /ha <sup>1)</sup>	Abstände zu Oberflächengewässern in m <sup>2)</sup>	Abstände zu Gewässern bei Abtragsgefahr in m <sup>3)</sup>		
Activus SC + Lentipur 500 <sup>3)</sup>	Pendimethalin + Chlorotoluron	K1, C2	2,0-2,5 l + 1,0-1,5 l	WG, WR, WWW <sup>6)</sup> , WT	NA-2	++(+)	+++	+++	+++	+++	+++	++	+	+++	+	36,10-47,50	30/20/10/5	G-5	30/20/10/5	
Axial 50 <sup>6)</sup>	Pinoxaden	A	0,9 l	WG, WR, WHW, WWW, WT, DI	NA-3	-	-	-	-	-	-	-	-	+++	+++	45,70	1/1/1/1	-	-	
Battle Delta <sup>3)</sup>	Diflufenican + Flufenacet	K3, F1	0,5-0,6 l	WG, WR, WWW, WHW, WT, DI	VA, NA-1	+++	++(+)	+++	++(+)	+++	+++	+++	++(+)	+++	+++ (0,6 l)	45,70-54,90	-/-/15	G-/-/20	-	
Battle Delta Flex <sup>3)</sup> (Battle Delta + BeFlex)	Diflufenican + Flufenacet + Befludutamid	K3, F1	0,33 + 0,33 l (Windhalm) 0,6 + 0,5 l Ackerfuchsschwanzgras	WG, WWW	NA-1	+++	++(+)	+++	++(+)	+++	+++	+++	++(+)	+++	+++ (0,6 l)	?	-/-/15	G-/-/20	-	
Boxer + Stomp Aqua	Prosulfocarb + Pendimethalin	N, K1	2,0-2,5 + 2,0-2,5 l	WG, WR, WHW, WWW, WT	VA, NA-1, NA-2	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	+	+++	+	66,10-82,70	20/10/5/5	-	n.z.	
Boxer + Express SX	Prosulfocarb + Tribenuron-methyl	N, B	2,5 l + 25 g	DI, WG, WR, WHW, WT, WWW	ab NA-2	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	+	+++	+	49,90	15/10/5/1	-	n.z.	
Boxer + Cadou SC	Prosulfocarb + Flufenacet	N, K3	2,0-2,5 + 0,4 l	DI, WG, WHW, WR, WWW, WT	VA, NA-1	+++	++	+++	+++	+++	++	+	+	+++	+++ (0,5 l)	69,90-76,70	15/10/5/1	-	n.z.	
Cadous SC	Flufenacet	K3	0,3-0,5 l	DI, WG, WHW, WR, WWW, WT	VA, NA-1	++(+)	++(+)	+	-	++(+)	+	-	-	+++	+++ (0,5 l)	32,30-53,80	1	G-5 (0,3 l) 10 (0,5 l)	G-	-
Camina Perfekt (Camina 640 + Saracou Delta) <sup>7)</sup>	Chlorotoluron + Diflufenican + Florasulam	C2, F1, B	1,5 l + 75 ml	WG, WR, WWW, WT	NA-2	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+	46,30	20	G-20	-	
Carpatus SC	Diflufenican + Flufenacet	K3, F1	0,4-0,6 l	WG, WR, WWW, WT	ab NA-1	+++	++(+)	+++	++(+)	+++	+++	+++	++(+)	+++	+++ (0,6 l)	30,30-45,50	-20/10/5	G- -20/20/20	-	
Difanil 500 SC	Diflufenican	F1	0,25-0,375 l	WG, WWW	ab NA-1	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	+++	+	14,50-21,70	-40/20/10	-	-	
Iconic <sup>3)</sup>	Flufenacet	K3	0,36-0,48 l	WG, WR, WWW, WT	VA, NA-1	++(+)	++(+)	+	-	++(+)	+	-	-	+++	+++ (0,48 l)	26,50-35,30	5	G-10	-	
Jura	Prosulfocarb + Diflufenican	N, F1	3,5-4,0 l	WG, WR, WHW, WWW, WT, DI	VA, NA-1	+++	++(+)	+++	+++	+++	+++	++	++	+++	+	38,40-43,90	15/10/5/1	G-15/10/10/10	-	
Jura + Glosset SC <sup>3)</sup>	Prosulfocarb + Diflufenican + Flufenacet	N, F1, K3	3,5-4,0 + 0,4 l	WG, WR, WWW, WT	VA, NA-1	+++	++(+)	+++	+++	+++	+++	++	++	+++	+++	71,00-76,60	15/10/5/1	G-15/10/10/10	-	
Lentipur 500 <sup>3)</sup>	Chlorotoluron + Diflufenican + Flufenacet	C2	2,0-3,0 l	WG, WR, WHW, WWW, WT	VA, ab NA-3	-	+++	+++	+	++(+)	+	-	++(+)	+++	++(+)	23,40-35,10	1/1/1/1	G-5 (3 l)	-	
Kwizda Getreidepack- Herbst (Nivus <sup>2)</sup> + Express SX)	Flufenacet + Tribenuron- methyl	F1, K3, B	0,33 l + 20 g	WG, WR, WHW, WWW, WT, DI	ab NA-1	++(+)	++(+)	+++	++(+)	+++	+++	+++	++	+++	+++ (0,6 l)	45,50	-/-/15	G- -/-/20	-	
Mateno Pack (Cadou SC + Mateno Duo)	Flufenacet + Diflufenican + Acifluorfen	K3, F1, F3	0,25 + 0,35 l	DI, WG, WHE, WR, WT, WWW	VA, NA-1	++(+)	++(+)	+++	+++	+++	+++	+++	+	+++	+++ (0,5 l)	38,90	10 (WG,WR) 20 (WWW,WT)	G-10 (WG,WR) G-20 (WWW,WT)	-	

Abbildung 16: Markierung (orange, Spalte 1) der Pflanzenschutzmittel, die Substitutionskandidaten enthalten, für die Darstellung in Publikationen zur Produktauswahl von Pflanzenschutzmitteln (Quelle: LK Österreich 2022, verändert).

Die Analyse in diesem Projekt hat ergeben, dass auf Substitutionskandidaten in bestimmten Indikationen verzichtet werden kann („Kategorie 1“). Diese spezifische Information zur Ersetzbarkeit ist jedoch nur zeitlich begrenzt gültig und es bedarf einer regelmäßigen Aktualisierung der Bewertung. Die Liste der Substitutionskandidaten ist aufgrund der Neu- bzw. Wiederbewertung von Wirkstoffen Veränderungen unterworfen (Kapitel 2.3). Neue Substitutionskandidaten oder auch deren Wegfall führen unmittelbar zu Veränderungen in der Bedeutung und in der Bewertung der Ersetzbarkeit der bestehenden Substitutionskandidaten.

# 8 Zusammenfassung

Der Green Deal wurde im Jahr 2019 von der EU-Kommission vorgestellt. In der Farm to Fork-Strategie wurden spezifische Ziele im Pflanzenschutz definiert:

- Reduktion des Einsatzes und des Risikos von chemischen Pflanzenschutzmitteln um 50 % bis zum Jahr 2030 (F2F-Ziel 1)
- Senkung des Einsatzes von gefährlicheren Pflanzenschutzmitteln um 50 % bis zum Jahr 2030 (F2F-Ziel 2)

Am 22. Juni 2022 hat die EU-Kommission einen Vorschlag für eine Verordnung über die Verwendung von Pflanzenschutzmitteln vorgelegt. Der Entwurf greift die beiden Farm to Fork-Ziele auf und soll diese in rechtlich verbindlicher Form umsetzen.

In der Farm to Fork-Strategie werden Pflanzenschutzmittel, die als Substitutionskandidaten eingestufte Wirkstoffe enthalten, als gefährlichere Pflanzenschutzmittel bezeichnet. Das Prinzip der Substitution wurde im Pflanzenschutzmittelbereich mit der EU-Verordnung 1107/2009 eingeführt. Wirkstoffe mit unerwünschten Eigenschaften sollen identifiziert und in weiterer Folge durch andere Wirkstoffe oder nicht-chemische Methoden ersetzt werden. Grundsätzlich ist festzuhalten, dass Substitutionskandidaten genehmigte Wirkstoffe sind und die strengen EU-Kriterien für die Wirkstoffgenehmigung erfüllen.

In der gegenständlichen Studie liegt der Fokus auf der Darstellung und Analyse der aktuellen Bedeutung der Substitutionskandidaten sowie auf der Bewertung der Ersetzbarkeit der Substitutionskandidaten in der landwirtschaftlichen Praxis, um einen Beitrag zur Erreichung der Ziele der Farm to Fork-Strategie zu leisten.

Die Ergebnisse dieser Studie sind im Folgenden aufgeführt:

- In der EU sind aktuell 51 Wirkstoffe als Substitutionskandidaten eingestuft. In Österreich sind 37 davon in zugelassenen Pflanzenschutzmitteln enthalten (Stand April 2023). Dies entspricht einem Anteil von 11 % an den zurzeit verfügbaren Wirkstoffen in Österreich (n = 335). Es handelt sich dabei um 16 Fungizide, 8 Insektizide und 13 Herbizide sowie um ein Repellent und einen Wachstumsregulator.

- In Österreich sind aktuell 242 Pflanzenschutzmittel zugelassen, die zumindest einen Substitutionskandidaten als Wirkstoff enthalten (Stand April 2023). Das entspricht einem Anteil von 24 % an den insgesamt 1010 zugelassenen Pflanzenschutzmitteln in Österreich (Zahlen ohne Vertriebsenerweiterungen, Parallelzulassungen und Notfallzulassungen).
- Die Inverkehrbringungsmenge für die aktuell als Substitutionskandidaten eingestuften Wirkstoffe lag im Jahr 2021 bei 536 Tonnen. Dies entspricht einem Anteil von 9 % an der gesamten Inverkehrbringungsmenge. Die acht mengenstärksten Wirkstoffe (Aclonifen, Chlortoluron, Flufenacet, Kupferhydroxid, Kupferoxychlorid, Pendimethalin, Tebuconazol und Ziram) haben einen Anteil von rund 80 % an der Gesamtmenge. Den größten Anteil haben Kupferverbindungen (37 %).
- Die größte Bedeutung auf Basis der behandelten Fläche (> 100.000 ha) haben die Substitutionskandidaten Cypermethrin, Difenconazol, Esfenvalerat, Fludioxinil, Lambda-Cyhalothrin, Metalaxyl, Nicosulfuron, Tebuconazol und Ziram. Fludioxinil, Metalaxyl und Ziram kommen hauptsächlich bei der Saatgutbehandlung zum Einsatz.
- Bisher wurde der harmonisierte Risikoindikator 1 herangezogen, um Trends von Risiken, die von der Verwendung von Pflanzenschutzmitteln ausgehen, abschätzen zu können. Dieser Indikator wird berechnet, indem die jährlichen Mengen der Wirkstoffe, die in Verkehr gebracht werden, mit der gefahrenbasierten Gewichtung der Wirkstoffe multipliziert werden. Die Analyse des harmonisierten Risikoindikators 1 zeigt, dass der Anteil der Substitutionskandidaten am Indexwert im Zeitraum 2011 – 2020 zwischen 15 und 27 % lag, zuletzt im Jahr 2020 bei 15 %.
- Im Entwurf der neuen Verordnung zur Verwendung von Pflanzenschutzmitteln vom 22. Juni 2022 wurden zwei neue Indikatoren, und zwar der Farm to Fork-Indikator 1 „Verwendung und Risiko“ und der Farm to Fork-Indikator 2 „gefährlichere Pflanzenschutzmittel“ vorgeschlagen. Die Berechnungsmethodik ist angelehnt an den harmonisierten Risikoindikator 1. Die zwei wesentlichen Unterschiede sind der Ausgangszeitraum (2011-2013 vs. 2015-2017) und die Berechnungsgrundlage (alle Wirkstoffe vs. nur chemische Wirkstoffe). Aktuell hat der Farm to Fork-Indikator 1 einen Indexwert von 122 und der Farm to Fork-Indikator 2 einen Indexwert von 86. Nach der Farm to Fork-Strategie soll bis 2030 für beide Indikatoren ein Zielwert von 50 erreicht werden.
- Die Bewertung der Ersetzbarkeit der Substitutionskandidaten erfolgte für 16 ausgewählte Kulturen und für jede Indikation (Kombination aus Schaderreger und

Kultur) auf Basis verschiedener Kriterien. Die Kriterien waren die Gewährleistung eines Resistenzmanagements (Anzahl unterschiedlicher Wirkmechanismen) und die Verfügbarkeit von Alternativen (Anzahl alternativer Wirkstoffe, nicht-chemische Alternativen). Die Ergebnisse wurden mit Pflanzenschutzexpert:innen diskutiert.

- Jede Indikation wurde anschließend einer der folgenden Kategorien zugeordnet:
  - Kategorie 1: Substitutionskandidat kann ersetzt werden.
  - Kategorie 2: Substitutionskandidat kann nur unter bestimmten Bedingungen ersetzt werden, und zwar, wenn die vorhandenen Wirkmechanismen und die zu bekämpfenden Schadorganismen eine niedrige Gefahr der Ausbildung von Resistenzen aufweisen.
  - Kategorie 3: Substitutionskandidat kann in der Regel nicht ersetzt werden. Alternativen sind zwar vorhanden, aber ökonomische und praktische Nachteile sind zu erwarten.
  - Kategorie 4: Substitutionskandidat kann nicht ersetzt werden.
  
- Insgesamt wurden 707 Indikationen (Insektizide: 191; Fungizide 448; Herbizide 66: Sonstige Wirkungstypen: 2) bewertet. Das größte Potenzial der Ersetzbarkeit von Substitutionskandidaten gibt es bei den Fungiziden, gefolgt von den Herbiziden. Kaum Ersatzmöglichkeiten gibt es bei den Insektiziden und den sonstigen Wirkungstypen.
  - Bei den Fungiziden fiel fast die Hälfte (45%, n=196) aller 434 Indikationen (integrierte Produktion) in die Kategorie 1. Diese Zahl ist jedoch differenziert zu betrachten: Indikationen, die der Kategorie 1 zugeordnet wurden, betreffen im Wesentlichen das Winter- und Sommergetreide (ausgenommen Ährenfusariosen und Saatgutkrankheiten). Für viele andere Indikationen ist die Anzahl der Wirkmechanismen ohne den jeweiligen Substitutionskandidaten für ein effektives und nachhaltiges Resistenzmanagement zu niedrig. In der biologischen Produktion lag der Wert für die Kategorie 1 bei 0 % (n=14) und es kann daher auf die Verwendung der Substitutionskandidaten ebendort nicht verzichtet werden.
  
  - Bei den Herbiziden wurden 18 % (n=12) aller 66 bewerteten Indikationen der Kategorie 1 zugeordnet. Die hohe Anzahl der Indikationen, die in Kategorie 2 fallen (n=42, 64%), beruht im Wesentlichen darauf, dass die Substitutionskandidaten aufgrund ihres Wirkungsspektrums und ihrer Anwendungszeitpunkte in spezifischen Anbausituationen (u.a. Unkrautflora, Einsatz im Herbst vs. Frühjahr) von Bedeutung sind.

- Bei den Insektiziden wurden 3 % (n=6) aller 191 bewerteten Indikationen der Kategorie 1 zugeordnet. Dies verdeutlicht, dass die Ersetzbarkeit der Substitutionskandidaten aus der Gruppe der Insektizide stark eingeschränkt ist. Für die Mehrheit der Indikationen ist die Anzahl der unterschiedlichen Wirkmechanismen ohne den jeweiligen Substitutionskandidaten für ein effektives und nachhaltiges Resistenzmanagement zu niedrig.
- Bei den sonstigen Wirkungstypen fiel keine Indikation in die Kategorie 1.
- Von allen untersuchten Kulturen haben die Substitutionskandidaten in Sojabohne und Sonnenblume die größte Bedeutung, denn hier gibt es nur sehr wenig alternative Wirkstoffe und Wirkmechanismen. Es fallen 95 % aller Indikationen in den beiden Kulturen in die Kategorie 3 und 4 (n=19). In Wein (integrierte Produktion) wiederum wurden alle Indikationen in die Kategorie 1 (n=12) eingestuft und die Substitutionskandidaten könnten im Prinzip vollständig ersetzt werden.
- Die Auswirkungen einer Reduktion des Einsatzes von Substitutionskandidaten auf die Inverkehrbringungsmenge wurde abgeschätzt. Wenn die als Kategorie 1 eingestuften Indikationen ersetzt werden, sinkt die gesamte Inverkehrbringungsmenge von Substitutionskandidaten um 164 Tonnen (30,5 %). Aufgeschlüsselt nach Wirkungstyp entfallen 115 Tonnen davon auf Fungizide, 48 Tonnen auf Herbizide und 0,3 Tonnen auf Insektizide. Das größte Potential (insgesamt 157 Tonnen bzw. 96 %) liegt bei vier fungiziden und zwei herbiziden Wirkstoffen (Difenoconazol, Flufenacet Kupferhydroxid, Kupferoxychlorid, Pendimethalin und Tebuconazol).
- Die Auswirkungen einer Reduktion des Einsatzes von Substitutionskandidaten auf die Farm to Fork-Indikatoren 1 und 2 wurde berechnet. Wenn die als Kategorie 1 eingestuften Indikationen ersetzt werden, würde der Farm to Fork-Indikator 1 um 5 Indexpunkte und der Farm to Fork-Indikator 2 um 28 Indexpunkte sinken.
- Bei der Umsetzung der Ergebnisse in der Praxis liegt der Fokus auf der Bewusstseinsbildung bei Landwirt:innen, bei der Beratung und bei Stakeholdern (Verbände, Organisationen). Dies beinhaltet auch die Vermittlung von grundsätzlichen Empfehlungen zum Umgang mit Substitutionskandidaten:
  - Bereitstellung allgemeiner Informationen
    - Es werden Erläuterungen und aktuelle Informationen zu den Substitutionskandidaten auf der AGES-Homepage vorbereitet.

- Empfehlungen zum Umgang mit Substitutionskandidaten
  - Vorrangig sollten Pflanzenschutzmittel eingesetzt werden, die keine Substitutionskandidaten enthalten.
  - Das Resistenzmanagement ist jedoch unbedingt zu berücksichtigen. Ein Wirkstoffwechsel zur Vermeidung der Resistenzbildung muss eingehalten werden. Es können daher auch Pflanzenschutzmittel, die Substitutionskandidaten enthalten, eingesetzt werden.
  - Verzicht auf den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, die Substitutionskandidaten enthalten, in Indikationen, die in Kategorie 1 eingestuft sind.

Diese Empfehlungen können in der landwirtschaftlichen Praxis verbreitet werden, indem sie beispielsweise in den einschlägigen Publikationen zum Pflanzenschutz und zur Produktauswahl publiziert werden.

# 9 Anhang

Die Anhänge A und B zum Endbericht befinden sich in separaten Dokumenten.

## **Anhang A: Bewertung der Substitutionskandidaten**

In diesem Dokument wird die Bewertung der Ersetzbarkeit der Substitutionskandidaten für die untersuchten Kulturen in den einzelnen Indikationen im Detail angeführt.

## **Anhang B: Wirkstoffbeschreibungen**

In diesem Dokument werden die Eigenschaften, die Wirkungsweise und der Zulassungsumfang der Substitutionskandidaten im Detail beschrieben.

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Durchführungsverordnungen (EU) zur Aktualisierung der Liste der Substitutionskandidaten (Stand 15.03.2023), Quelle: EUR-Lex (2023).	10
Tabelle 2: Substitutionskandidaten, die in zugelassenen Pflanzenschutzmitteln in Österreich enthalten sind (Stand April 2023), Quelle: Pflanzenschutzmittelregister (2023), EU Pesticides Database (2023).	10
Tabelle 3: Substitutionskandidaten, die in Österreich zurzeit nicht in zugelassenen Pflanzenschutzmitteln enthalten sind (Stand April 2023), Quelle: Pflanzenschutzmittelregister (2023), EU Pesticides Database (2023).	11
Tabelle 4: In Österreich zugelassene pirimicarbhaltige Pflanzenschutzmittel, Stand 2023-03-15, Quelle: Pflanzenschutzmittelregister (2023).	17
Tabelle 5: Vergleich der Berechnungsmethodik der harmonisierten Risikoindikatoren.	30
Tabelle 6: Kulturen, in denen die Bewertung der Ersetzbarkeit der Substitutionskandidaten durchgeführt wurde.	32
Tabelle 7: Matrix zur Ermittlung der Kategorisierung der Ersetzbarkeit von Substitutionskandidaten aus der Gruppe der Insektizide.	34
Tabelle 8: Insektizide - Zusammenfassung der Ersetzbarkeit der Substitutionskandidaten in den Kulturen.	36
Tabelle 9: Matrix zur Ermittlung der Kategorisierung der Ersetzbarkeit von Substitutionskandidaten aus der Gruppe der Fungizide.	45
Tabelle 10: Fungizide - Zusammenfassung der Ersetzbarkeit der Substitutionskandidaten in den Kulturen.	48
Tabelle 11: Matrix zur Ermittlung der Kategorisierung der Ersetzbarkeit von Substitutionskandidaten aus der Gruppe der Herbizide auf Basis der Anzahl verfügbarer Wirkmechanismen und Alternativen.	66
Tabelle 12: Herbizide - Zusammenfassung der Ersetzbarkeit der Substitutionskandidaten in den Kulturen.	70
Tabelle 13: Matrix zur Ermittlung der Kategorisierung der Ersetzbarkeit von Substitutionskandidaten aus der Gruppe sonstige Wirkungstypen.	72
Tabelle 14: Sonstige Wirkungstypen - Zusammenfassung der Ersetzbarkeit der Substitutionskandidaten in den Kulturen.	73

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anzahl der in Österreich zugelassenen Pflanzenschutzmittel, die einen als Substitutionskandidaten eingestuften Wirkstoff enthalten (Stand März 2023), Quelle: Pflanzenschutzmittelregister (2023), EU Pesticides database (2023).	15
Abbildung 2: Summe der Inverkehrbringungsmengen der als Substitutionskandidaten eingestuften Wirkstoffe in t für den Zeitraum 2011 bis 2021, aufgeschlüsselt nach Wirkungstyp, Quelle: BAES (2023).	18
Abbildung 3: Inverkehrbringungsmengen 2011 bis 2021 für kupferhältige Wirkstoffe in t, Quelle: BAES (2023).	19
Abbildung 4: Inverkehrbringungsmengen 2021 in kg für die als Substitutionskandidaten eingestuften Wirkstoffe, Quelle: BAES (2023). Aus Datenschutzgründen werden die einzelnen Wirkstoffnamen und die Wirkstoffmengen nicht angeführt.	20
Abbildung 5: Durchschnittliche Wirkstoffaufwandmenge in g je ha für die in Österreich in zugelassenen Pflanzenschutzmitteln enthaltenen Substitutionskandidaten.	22
Abbildung 6: Behandelte Fläche auf Basis der Inverkehrbringung 2021 und der abgeschätzten Wirkstoffaufwandmenge je ha. Aus Datenschutzgründen werden die einzelnen Wirkstoffnamen nicht angeführt.	24
Abbildung 7: Harmonisierter Risikoindikator 1 für Österreich für den Zeitraum 2011 bis 2020, Quelle: BAES (2023).	27
Abbildung 8: Anteile der einzelnen Wirkstoffgruppen im harmonisierten Risikoindikator 1 im Jahr 2020.	28
Abbildung 9: Anteil der Substitutionskandidaten und der normal genehmigten Wirkstoffe in % am harmonisierten Risikoindikator 1 für den Zeitraum 2011 bis 2020 (nicht genehmigte Wirkstoffe sowie Wirkstoffe mit geringem Risiko wurden in dieser Darstellung aufgrund ihrer niedrigen Inverkehrbringungsmengen nicht berücksichtigt).	29
Abbildung 10: Farm to Fork-Indikator 1 („Verwendung und Risiko“), Entwicklung für den Zeitraum 2011 bis 2020 in Österreich. Das Kreuz zeigt den Zielwert für das Jahr 2030, Quelle: BAES (2023).	30
Abbildung 11: Farm to Fork-Indikator 2 („gefährlichere Pflanzenschutzmittel“), Entwicklung für den Zeitraum 2011 bis 2020 in Österreich. Das Kreuz zeigt den Zielwert für das Jahr 2030, Quelle: BAES (2023).	31
Abbildung 12: Reduktionspotential in kg Wirkstoff, Fungizide rot, Herbizide grün, Insektizide orange. Aus Datenschutzgründen werden die einzelnen Wirkstoffnamen nicht angeführt.	75
Abbildung 13: Inverkehrbringungsmenge der Substitutionskandidaten und Reduktionspotential in kg Wirkstoff nach Wirkungstyp dargestellt.	76

Abbildung 14: Entwicklung des Farm to Fork-Indikators 1 und Auswirkungen einer Reduktion des Einsatzes von Substitutionskandidaten, die in die Kategorie 1 eingestuft wurden.	77
Abbildung 15: Entwicklung des Farm to Fork-Indikators 2 und Auswirkungen einer Reduktion des Einsatzes von Substitutionskandidaten, die in die Kategorie 1 eingestuft wurden.	78
Abbildung 16: Markierung (orange, Spalte 1) der Pflanzenschutzmittel, die Substitutionskandidaten enthalten, für die Darstellung in Publikationen zur Produktauswahl von Pflanzenschutzmitteln (Quelle: LK Österreich 2022, verändert).	81

## Literaturverzeichnis

**AGES (2022):** Pflanzenschutzmittel-Verwendungsstatistik. Umsetzung der EU-VO 1185/2009 hinsichtlich landwirtschaftlicher Verwendung von Pflanzenschutzmitteln in Österreich.

<https://www.ages.at/pflanze/pflanzenschutzmittel/informationen-zu-pruefung-bewertung-zulassung> (aufgerufen am 21.04.2022).

**BAES (2023):** Inverkehrbringungsmengen Pflanzenschutzmittel. Unveröffentlichte Daten.

**Börner H. (2009):** Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. 8., neu bearbeitete und aktualisierte Auflage, Springer-Verlag, Berlin.

**BVL (2022):** Zulassungsberichte. Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. <https://www.bvl.bund.de>

**Defra (2013):** Non-chemical pest control methods: A review of the literature to establish their efficacy and safety to workers, to inform the process of comparative assessment required by new pesticide legislation. Defra Project Code: PS2809/348656.

**EU Pesticides database (2023):** <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/start/screen/active-substances> (aufgerufen am 04.04.2023).

**EUR-Lex (2023):** <https://eur-lex.europa.eu> (aufgerufen am 04.04.2023).

**Hallmann J., Tiedemann von A. (2019):** Phytomedizin. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 3. Auflage, 374 S.

**Hock B., Fedtke C., Schmidt R.R. (1995):** Herbizide – Entwicklung, Anwendung, Wirkungen, Nebenwirkungen. Thieme Verlag, Stuttgart, 370 S.

**Hoffmann G.M., Nienhaus F., Poehling H.-M., Schönbeck F., Weltzien H.C., Wilbert H. (1994):** Lehrbuch der Phytomedizin. 3., neubearbeitete Auflage, Blackwell Wissenschafts- Verlag, Berlin.

**LK Österreich (2022):** Feldbauratgeber - Herbstanbau 2022.

<https://www.lko.at/feldbauratgeber-herbstanbau-2022+2400+3657579> (aufgerufen am 19.01.2023).

**LK Österreich (2023):** Feldbauratgeber – Frühjahrsanbau 2023.  
<https://noe.lko.at/feldbauratgeber-f%C3%BCr-den-fr%C3%BChjahrsanbau-2023+2400+2856850> (aufgerufen am 25.03.2023).

**Pflanzenschutzmittelregister (2023):** <https://psmregister.baes.gv.at> (aufgerufen am 04.04.2023).

**Rotteveel T., Jorgensen L.N., Heimbach U. (2011):** Resistance management in Europe: a preliminary proposal for the determination of a minimum number of active substances necessary to manage resistance. EPPO Bulletin 41: 432–438.

**Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH**

Spargelfeldstraße 191, 1220 Wien

[www.ages.at](http://www.ages.at)