



Pflanzenschutzmittel im Gemüsebau:

**Erfolgreiches Resistenzmanagement durch
Berücksichtigung der Wirkstoffgruppen**

Autorinnen und Autoren

Torsten Schöneberg, Anouk Guyer, Martina Keller und Matthias Lutz



Impressum

Herausgeber	Agroscope Müller-Thurgau-Strasse 29 8820 Wädenswil www.agroscope.ch
Auskünfte	Anouk Guyer (Insektizide): anouk.guyer@agroscope.admin.ch Martina Keller (Herbizide): martina.keller@agroscope.admin.ch Matthias Lutz (Fungizide): matthias.lutz@agroscope.admin.ch
Redaktion	Torsten Schöneberg
Gestaltung	Torsten Schöneberg, Petra Asare
Titelbild	Agroscope
Download	agroscope.ch/transfer
Copyright	© Agroscope 2023
ISSN	2296-7214

Haftungsausschluss :

Die in dieser Publikation enthaltenen Angaben dienen allein zur Information der Leser/innen. Agroscope ist bemüht, korrekte, aktuelle und vollständige Informationen zur Verfügung zu stellen – übernimmt dafür jedoch keine Gewähr. Wir schliessen jede Haftung für eventuelle Schäden im Zusammenhang mit der Umsetzung der darin enthaltenen Informationen aus. Für die Leser/innen gelten die in der Schweiz gültigen Gesetze und Vorschriften, die aktuelle Rechtsprechung ist anwendbar.

Inhalt

1	Einleitung	4
1.1	Integrierter Pflanzenschutz und Resistenzmanagement.....	4
1.2	Wozu diese Broschüre?	5
2	Insektizide und Akarizide	6
3	Fungizide	9
4	Herbizide	12
5	Quellen	15

1 Einleitung

Die Tabellen und ein grosser Teil der Angaben in diesem Dokument basieren auf Informationen, welche den Internetseiten der verschiedenen Resistenz-Komitees entnommen sind (Stand Januar 2023):

Insektizide: <https://www.irac-online.org/>

Fungizide: <http://www.frac.info/>

Herbizide: <https://www.hracglobal.com/>

Ein übermässiger oder einseitiger Einsatz von Pflanzenschutzmitteln aus derselben Wirkstoffgruppe fördert die **Ausbreitung von Resistenzen** bei Schädlingen, Krankheitserregern und Unkräutern respektive Ungräsern. Die gegen die Behandlungen unempfindlichen Schaderreger überleben den Pflanzenschutzmitteleinsatz, vermehren sich und geben ihre Resistenzgene an die nächste Generation weiter. Dementsprechend steigt der Anteil resistenter Individuen in der Population. Dieser Prozess wird beschleunigt durch mehrfache Verwendung desselben Wirkstoffs oder durch den wiederholten Einsatz von Wirkstoffen, die sich von der molekularen Bauart her gleichen und auf ähnliche Weise in den Stoffwechsel des Zielorganismus eingreifen. Die Ausbreitung von Resistenzen wird aber auch gefördert, wenn von der vorgeschriebenen Aufwandmenge abgewichen wird. Gefürchtet sind Kreuz- und Multiresistenzen. Bei **Kreuzresistenzen** sind die Individuen gegen zwei Wirkstoffe (gleiche oder unterschiedliche Wirkstoffgruppe) resistent. Von **Multiresistenzen** spricht man, wenn bei Pflanzen, Krankheitserregern oder Schädlingen mehr als ein Resistenzmechanismus auftritt (Moss, 2017). Bei gewissen Wirkstoffen und Wirkstoffgruppen ist das Risiko zur Resistenzentwicklung höher als bei anderen.

1.1 Integrierter Pflanzenschutz und Resistenzmanagement

Die nachhaltige Anwendung von Pflanzenschutzmitteln beruht auf dem Prinzip des **integrierten Pflanzenschutzes** (Abbildung 1, Seite 5). Die gute landwirtschaftliche Praxis sieht vor, dass den Schaderregern in den Kulturen in erster Linie mit vorbeugenden Massnahmen entgegengewirkt werden soll. Wo dies nicht gelingt, werden nicht-chemische Bekämpfungsmassnahmen der chemischen Bekämpfung vorgezogen. Der Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln gilt als letzte Massnahme. Dieses Vorgehen hilft, den Selektionsdruck zu senken und damit die Verbreitung von Resistenzen zu verzögern.

Resistenzmanagement zielt insgesamt darauf ab, die Ausbreitung von Resistenzen gegen Insektizide, Fungizide oder Herbizide zu verhindern oder wenigstens zu verzögern, um so die Wirksamkeit von Wirkstoffen zu erhalten. Auf Stufe Pflanzenschutzmittel geschieht dies durch den **Einsatz von Wirkstoffen aus verschiedenen Wirkstoffgruppen** innerhalb einer Pflanzenschutzstrategie. Die Umsetzung einer solchen Antiresistenzstrategie wird zunehmend schwieriger, weil die Anzahl bewilligter Wirkstoffe laufend abnimmt.

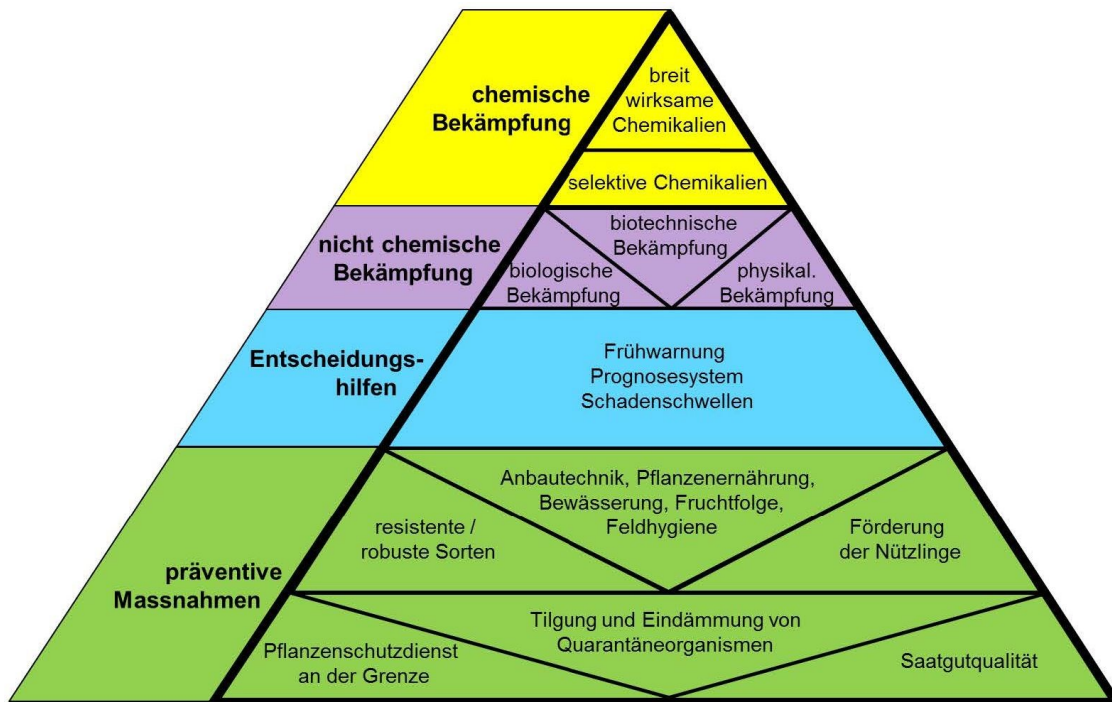


Abbildung 1: Das Prinzip des integrierten Pflanzenschutzes (Quelle: Aktionsplan Pflanzenschutz)

1.2 Wozu diese Broschüre?

Die nachfolgenden Listen dienen dazu, Fachkräfte im Gemüsebau bei der Wahl von Pflanzenschutzmitteln für ein effektives und nachhaltiges Resistenzmanagement zu unterstützen. Sie sollen helfen bei der korrekten Umsetzung der Bewilligungsaufgaben. Die vom Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen herausgegebenen Pflanzenschutzmittelbewilligungen enthalten vermehrt Auflagen zur Anwendung von Produkten aus derselben Wirkstoffgruppe, wenn die Gefahr von Resistenzbildung besteht.

Dies gilt insbesondere für Fungizide. So lautet zum Beispiel eine Auflage für den Einsatz von Amistar: SPa 1: «Zur Vermeidung einer Resistenzbildung maximal 2 Behandlungen pro Kultur mit Produkten aus der Wirkstoffgruppe FRAC C3 [QoI-Fungizide (Quinone outside Inhibitors)]».

In den Tabellen sind die für den Pflanzenschutz im Schweizer Gemüsebau zurzeit (Januar 2023) bewilligten Wirkstoffe und Produkte aufgeführt. Sie sind geordnet nach Wirkstoffgruppen und basieren auf den offiziellen Listen der jeweiligen Fachkomitees (IRAC, FRAC, HRAC). **Produkte, deren Bewilligung abgelaufen ist, bei denen aber noch die Aufbrauchfrist läuft, sind nicht aufgeführt.**

2 Insektizide und Akarizide

Zur Vorbeugung von Resistenzen gegen Insektizide und Akarizide müssen die Auflagen zur Anwendungshäufigkeit (z.B. maximale Anzahl Behandlungen pro Kultur und/oder Jahr) eingehalten werden. Die entsprechenden Informationen stehen unter <https://www.psm.admin.ch> zur Verfügung. Insektizide derselben, vom Insecticide Resistance Action Committee (IRAC) definierten Wirkstoffgruppe (siehe Tabelle 2) können pro Anwendungsfenster mehrmals eingesetzt werden (Blockstrategie). Hingegen sollten aufeinander folgende Generationen eines Schädling mit Insektiziden aus unterschiedlichen Wirkstoffgruppen und folglich unterschiedlichem Wirkmechanismus bekämpft werden.

Die IRAC-Wirkmechanismus-Klassifikation ist ein wertvoller Leitfaden, um erfolgreiche Antiresistenzstrategien zu entwickeln. Dabei werden die Insektizide aufgrund ihres Wirkmechanismus in verschiedene IRAC-Gruppen eingeteilt.

Tabelle 1: Einteilung der insektiziden Wirkstoffgruppen nach Wirkungsort und Wirkmechanismus:

Nerven und Muskeln	IRAC-Gruppe	Energiestoffwechsel	IRAC-Gruppe
Acetylcholinesterase (AChE)-Hemmer	1	Mitochondriale Komplex III-Elektronentransport-Hemmer	20
Natriumkanal-Modulatoren	3	Mitochondriale Komplex I-Elektronentransport-Hemmer	21
Nikotinische Acetylcholinrezeptor (nAChR)-Agonisten	4	Mitteldarm-Membranen	
nAChR-Aktivatoren	5	Mikrobielle Disruptoren von Insekten-Mitteldarm-Membranen	11
Glutamat-gesteuerte Chloridkanal (GluCl)-Aktivatoren	6	Baculoviren	31
Spannungsabhängiger Natriumkanal-Blocker	22	unspezifischer Wirkmechanismus	
Modulatoren der Chordotonalorgane (unbekannter Mechanismus)	29	unspezifische (multi-site) Inhibitoren	8
Entwicklungshemmer		unbekannter Wirkmechanismus	
Chitinsynthase 1 (CHS1) beeinflussende Milben-Entwicklungshemmer	10	Verbindungen mit unbekanntem oder unklarem Wirkmechanismus	UN
Chitin-Biosynthese-Hemmer, Typ 1	16	Pilzliche Wirkstoffe mit unbekanntem oder unklarem Wirkmechanismus	UNF
Ecdyson-Rezeptor-Agonisten	18	Fettsäuren, Pflanzeninhaltsstoffe und Öle mit unbekanntem oder unklarem Wirkmechanismus	UNE
Acetylcoenzym A-Carboxylase-Hemmer	23		

Die Untergruppen (z. B. 1A, 1B) einer IRAC-Hauptgruppe bezeichnen Wirkstoffe, die denselben Wirkmechanismus aufweisen, aber in ihrer chemischen Struktur oder der spezifischen Interaktion mit dem Zielprotein unterschiedlich sind. Rotationen zwischen Untergruppen aus der gleichen Hauptgruppe sollten vermieden werden. In Ausnahmefällen, wenn gegen einen Schädling keine Insektizide aus anderen Gruppen bewilligt sind und wenn bisher keine Kreuzresistenz bekannt ist, kann eine solche Rotation erwogen werden. Solche Ausnahmen entsprechen aber nicht einem nachhaltigen Resistenzmanagement, weshalb alternative Bekämpfungsmassnahmen bevorzugt werden sollten.

In Tabelle 2 sind nur diejenigen Wirkstoffgruppen aufgeführt, bei welchen im Schweizer Gemüsebau Wirkstoffe bewilligt und im Verkauf sind. Produkte, deren Bewilligung abgelaufen ist, bei denen aber noch die Aufbrauchfrist läuft, sind nicht aufgeführt.

Tabelle 2: IRAC Einteilung der insektiziden Wirkstoffe nach Wirkstoffgruppen:

Farbcode für Wirkorte:

	Nerven und Muskeln
	Entwicklungshemmer
	Energiestoffwechsel
	Mitteldarm-Membranen
	unspezifischer oder unklarer Wirkmechanismus

IRAC Gruppe	Bezeichnung der Untergruppe oder Beispiel für Wirkstoff	Wirkstoff (Produkte)
1A	Carbamate	<ul style="list-style-type: none"> Pirimicarb (<i>Pirimicarb, Pirimicarb 50 WG, Pirimor</i>)
3A	Pyrethroide	<ul style="list-style-type: none"> Cypermethrin (<i>Cypermethrin, Cypermethrin S</i>) Deltamethrin (<i>Aligator, Decis Protech, Deltaphar, Deltastar</i>) Etofenprox (<i>Blocker</i>) lambda-Cyhalothrin (<i>Karate Zeon, Kendo, Ravane 50, TAK 50 EG, Techno 10 CS</i>) Pyrethrine (<i>BIOHOP DelTRIN, Parexan N, Piretro Maag, Pyrethrum FS</i>)
4A	Neonicotinoide	<ul style="list-style-type: none"> Acetamiprid (<i>Barritus Rex, Gazelle SG, Oryx Pro, Pistol</i>)
5	Spinosyne	<ul style="list-style-type: none"> Spinosad (<i>Audienz, BIOHOP AudiENZ, Elvis, Perfetto</i>)
6	Avermectine Milbemycine	<ul style="list-style-type: none"> Abamectin (<i>Vertimec Gold</i>) Emamectinbenzoat (<i>Affirm, Affirm Profi, Atac, Rapid</i>)
8F	Methyl-isothiocyanate Generatoren	<ul style="list-style-type: none"> Dazomet (<i>Basamid-Granulat</i>) nicht gegen Insekten aber gegen Wurzelgallennematoden bewilligt.
10A	Clofentezine Hexythiazox	<ul style="list-style-type: none"> Clofentezine (<i>Apollo SC</i>) Hexythiazox (<i>Credo, Nissostar</i>)
11A	<i>Bacillus thuringiensis</i> und durch <i>B. t.</i> produzierte insektizide Proteine	<ul style="list-style-type: none"> <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>aizawai</i> (<i>Xen Tari WG, Agree WP</i>) <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>israeliensis</i> (<i>Solbac</i>) <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> (<i>Delfin, BIOHOP DelFIN, Dipel DF</i>) <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>tenebrionis</i> (<i>Novodor 3 FC</i>)
20B	Acequinocyl	<ul style="list-style-type: none"> Acequinocyl (<i>Kanemite</i>)
20D	Bifenazate	<ul style="list-style-type: none"> Bifenazate (<i>Acramite 480 SC</i>)
21A	METI (mitochondrial electron transport inhi- bitors) Insektizide und Akarizide	<ul style="list-style-type: none"> Fenpyroximate (<i>Kiron, Spomil</i>)
22A	Indoxacarb	<ul style="list-style-type: none"> Indoxacarb (<i>Steward</i>)

IRAC Gruppe	Bezeichnung der Untergruppe oder Beispiel für Wirkstoff	Wirkstoff (Produkte)
23	Tetron- und Tetramsäurederivate	• Spirotetramat (<i>Movento SC</i>)
29	Flonicamid	• Flonicamid (<i>Teppeki</i>)
31	Nukleopolyederviren	• <i>Helicoverpa armigera</i> NPV (<i>Helicovex</i>)
UN	Verbindungen mit unklarem Wirkmechanismus	• Azadirachtin (<i>NeemAzal-T/S</i> , <i>BIOHOP DelNEEM</i> , <i>Neem MAAG</i> , <i>Agroneem</i>) • Maltodextrin (<i>BIOHOP MaltoMITE</i> , <i>Majestik</i>)
UNE	Botanische Essenzen	• Fettsäuren (<i>Lotiq</i> , <i>Natural</i> , <i>Oleate 20</i> , <i>Siva 50</i> , <i>Vista</i> , <i>Vesol Pro</i> , <i>BIOHOP DelMON</i>) • Quassiaextrakt (<i>Quassan</i>) • synthetische und natürliche Öle (<i>Prev-AM</i> , <i>Telmion</i>)
UNF	Pilzliche Wirkstoffe	• <i>Beauveria bassiana</i> (<i>Naturalis-L</i>)

3 Fungizide

Die Liste des Fungicide Resistance Action Committee (FRAC) ordnet jeder Fungizid-Gruppe Zahlen und Buchstaben entsprechend ihrem Kreuzresistenz-Verhalten zu (Tabelle 4). Der Code der Hauptgruppen (Tabelle 3) bezieht sich auf die Vorgänge im Stoffwechsel, bei welchen die zugehörigen Wirkstoffe angreifen, oder auf andere gemeinsame Eigenschaften.





Tabelle 3: Einteilung der fungiziden Wirkstoffgruppen nach Wirkmechanismus:

Code	Beeinflussung von
A	Nukleinsäure-Metabolismus
B	Zytoskelett und Motorproteine
C	Atmung
D	Aminosäuren- und Proteinsynthese
E	Signalübertragung
F	Lipidsynthese oder -transport / Integrität oder Funktion der Membranen
G	Sterol-Biosynthese in Membranen
H	Zellwand-Biosynthese
P	Induktion der Wirtspflanzenabwehr
U	unbekannter Wirkmechanismus
NC	nicht klassifiziert
M	Chemikalien mit mehreren Wirkmechanismen
BM	Biologische Stoffe mit mehreren Wirkmechanismen

Das Resistenzrisiko für die einzelnen Wirkstoffgruppen ist in Tabelle 4 mit einem Farbcode markiert. Kommt bei einem Wirkstoff Resistenz vor, ist es wahrscheinlich, dass bei anderen Wirkstoffen in derselben Gruppe mit derselben FRAC Nr. Kreuzresistenz auftreten kann. In der Tabelle sind nur diejenigen Wirkstoffgruppen aufgeführt, bei welchen im Schweizer Gemüsebau Wirkstoffe bewilligt und im Verkauf sind. Produkte, deren Bewilligung abgelaufen ist, bei denen aber noch die Aufbrauchfrist läuft, sind nicht integriert. Produkte, die mehrere Wirkstoffe enthalten, sind bei jedem der entsprechenden Wirkstoffe aufgeführt.

Tabelle 4: FRAC Einteilung der fungiziden Wirkstoffe nach Wirkstoffgruppen:

Beurteilung Resistenzrisiko (FRAC)

	hohes Resistenzrisiko
	mittleres Resistenzrisiko
	geringes Resistenzrisiko
	Resistenzrisiko unbekannt

Code	Gruppe	FRAC Nr.	Wirkstoff (<i>Produkte</i>)
A1	PA-Fungizide (Phenylamide)	4	<ul style="list-style-type: none"> • Metalaxyl-M (<i>Apron XL, Fonganiil, Maxim XL</i>)
C2	SDHI (Succinate-dehydrogenase Hemmer)	7	<ul style="list-style-type: none"> • Boscalid (<i>Signum</i>) • Fluopyram (<i>Moon Experience, Moon Privilege, Moon Sensation</i>) • Fluxapyroxad (<i>Dagonis, Taifen</i>)

Code	Gruppe	FRAC Nr.	Wirkstoff (Produkte)
C3	QoI-Fungizide (Quinone outside Inhibitors)	11	<ul style="list-style-type: none"> • Azoxystrobin (<i>Amistar, Alibi Flora, Globaztar SC, Heritage Flow, Legado, Hortosan, Ortiva, Priori Top</i>) • Fluoxastrobin (<i>Fandango</i>) • Kresoxim-methyl (<i>Corsil, Stroby WG</i>) • Pyraclostrobin (<i>Signum</i>) • Trifloxystrobin (<i>Flint, Moon Sensation, Nativo, Tega</i>)
C4	Qil-Fungizide	21	<ul style="list-style-type: none"> • Cyazofamid (<i>Mildicut, Ranman, Ranman Top</i>)
C5		29	<ul style="list-style-type: none"> • Fluazinam (<i>Ibiza SC, Mapro, Tisca, Zignal</i>)
C8	QoSI-Fungizide	45	<ul style="list-style-type: none"> • Ametoctradin (<i>Dominator, Orvego</i>)
D1	AP-Fungizide (Anilino-Pyrimidine)	9	<ul style="list-style-type: none"> • Cyprodinil (<i>Avatar, Play, Switch</i>) • Mepanipyrim (<i>Frupica SC</i>) • Pyrimethanil (<i>Espiro, Papyrus, Pyrus 400 SC</i>)
E2	PP-Fungizide (Phenylpyrrole)	12	<ul style="list-style-type: none"> • Fludioxonil (<i>Avatar, Maxim XL, Maxim 480 FS, Play, Sapphire, Switch</i>)
F4	Carbamate	28	<ul style="list-style-type: none"> • Propamocarb (<i>Previcur Energy, Proplant</i>)
G1	DMI-Fungizide	3	<ul style="list-style-type: none"> • Difenoconazole (<i>Alibi Flora, Bogard, Dagonis, Difcor 250 EC, Divo, Genius Rex, Lumino, Priori Top, Revus Top, Score Profi, Sico, Slick, Taifen</i>) • Imazalil (<i>Scomrid-Spray</i>) • Penconazole (<i>Topas, Topas Vino</i>) • Prothioconazole (<i>Fandango</i>) • Tebuconazole (<i>Fezan, Horizont, Moon Experience, Nativo</i>)
G3	KRI-Fungizide	17	<ul style="list-style-type: none"> • Fenhexamid (<i>Teldor</i>) • Fenpyrazamin (<i>Prolectus</i>)
H5	CAA-Fungizide	40	<ul style="list-style-type: none"> • Dimethomorph (<i>Dominator, Forum, Orvego</i>) • Mandipropamid (<i>Revus, Revus Top</i>)
P1	Benzothiadiazole (BTH)	P01	<ul style="list-style-type: none"> • Acibenzolar-S-methyl (<i>Bion</i>)
P4	natürliche Verbindung	P04	<ul style="list-style-type: none"> • Laminarin (<i>Vacciplant</i>) • COS-OGA (<i>Auralis, FytoSave</i>)
P7	Phosphonate	P07 (33)	<ul style="list-style-type: none"> • Aluminum-Fosetyl (<i>Alfil WG, Alial 80 WG, Aliette WG, Previcur Energy</i>)
U	Cyanoacetamide- Oxime	27	<ul style="list-style-type: none"> • Cymoxanil (<i>Cupro-Folpet Ultra, Cymoxanil WG</i>)

Code	Gruppe	FRAC Nr.	Wirkstoff (Produkte)
NC	Diverse	NC	<ul style="list-style-type: none"> • Mineralöle • Organische Öle <ul style="list-style-type: none"> - Orangenöl (<i>Prev-AM</i>) - Fenchelöl (<i>Fenicur, BIOHOP FungiCUR</i>) • Anorganische Salze <ul style="list-style-type: none"> - Kalium-Bicarbonat (<i>Armicarb, Vitisan, Ghekkko, BIOHOP FungiCARB</i>) - Kaliumphosphonat (<i>Booster, Patronus SL, Quartet Lux, Stamina S</i>) • Material biologischen Ursprungs
M	Anorganische Wirkstoffe	M01	• Kupfer (<i>verschiedene</i>)
		M02	• Schwefel (<i>BIOHOP HelioSOUFRE, Celos, Elosal Supra, Heliosoufre S, Kumulus WG, Mycosan-S, Netzschwefel Stulln, Schwefel 80 WG, Solfovit WG, Soufre FL, Sufralo, Thiovit Jet</i>)
	Phthalimide	M04	• Folpet (<i>Cupro-Folpet flüssig, Cupro-folpet TB, Cupro-Folpet Ultra, Resanol</i>)
BM	Mikroorganismen	BM02	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Aureobasidium pullulans</i> (<i>Botector</i>) • <i>Coniothyrium minitans</i> (<i>Contans WG</i>) • <i>Gliocladium catenulatum</i> (<i>Prestop</i>) • <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> (<i>Amylo-X, FZB 24 flüssig, Serenade ASO</i>) • <i>Streptomyces griseoviridis</i> Stamm K61 (<i>Lalstop K61 WG</i>)

4 Herbizide

Der Schweizer Gemüsebau ist sehr vielfältig bezüglich angebaute Kulturen und Anbaumethoden. In Kulturen aus unterschiedlichen botanischen Familien sind gegen Unkräuter häufig auch Wirkstoffe aus unterschiedlichen Wirkstoffgruppen bewilligt. Ausserdem ist die Kulturdauer meist kürzer als im Ackerbau und neben der chemischen Bekämpfung wird das Unkraut oft auch mechanisch bekämpft (Bauermeister et al. (2005): Unkrautpraxis – mechanische Unkrautregulierung im Gemüsebau; Lichtenhahn et al. (2002): Unkrautregulierung – termingerecht und schlagkräftig). Dementsprechend ist das Resistenzrisiko im Gemüsebau im Vergleich zum Ackerbau gering. Da jedoch die Verzahnung zwischen Acker- und Gemüsebau zunehmend enger wird und immer mehr Wirkstoffe wegfallen, ist es im Sinne des Vorsorgeprinzips wichtig, dass man sich auch im Gemüsebau der Resistenzproblematik bewusst ist. Für Herbizide gibt es im Gegensatz zu Insektiziden und Fungiziden keine Auflagen zum Resistenzmanagement in den Bewilligungen. Ein gutes Resistenzmanagement entspricht der guten fachlichen Praxis. Diese beinhaltet, bei der Fruchtfolgeplanung darauf zu achten, dass nachfolgende Kulturen zur Bekämpfung eines Unkrauts möglichst nicht auf Herbizide mit demselben Wirkmechanismus angewiesen sind (Tabelle 5).

Die Ordnung der herbiziden Wirkstoffe gemäss der Einteilung des Herbicide Resistance Action Committee (HRAC) basiert auf dem biochemischen Wirkmechanismus, der den Stoffwechsel der Pflanzen hemmt. Die Einteilung der Wirkstoffe wurde 2020 revidiert und der aus Buchstaben bestehende HRAC-Code ersetzt durch mit Zahlen bezeichnete Gruppen (Ward, 2020). Das Resistenzrisiko für die einzelnen Wirkstoffgruppen ist mit einem Farbcode markiert. In der Tabelle sind nur diejenigen Wirkstoffgruppen aufgeführt, bei welchen im Schweizer Gemüsebau Wirkstoffe bewilligt und im Verkauf sind. Produkte, deren Bewilligung abgelaufen ist, bei denen aber noch die Aufbrauchfrist läuft, sind nicht integriert. Produkte, die mehrere Wirkstoffe enthalten, sind bei jedem der entsprechenden Wirkstoffe aufgeführt. Bei einigen Wirkstoffen werden aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht alle Produkte genannt.

Tabelle 5: HRAC Einteilung der herbiziden Wirkstoffe nach Wirkmechanismen und Wirkstoffgruppen:

Beurteilung Resistenzrisiko (Moss, 2017)

	hohes Resistenzrisiko
	mittleres Resistenzrisiko
	geringes Resistenzrisiko
	sehr geringes Resistenzrisiko

Gruppe (HRAC Code)	Wirkmechanismus	chemische Familie	Wirkstoff (Produkte)
1 (A)	Hemmung der Acetyl-Coenzym-A-Carboxylase (ACCase-Hemmer)	Aryloxyphenoxypropionate (FOPs)	<ul style="list-style-type: none"> Fluazifop-P-butyl (<i>Auxilior Rex, Fusilade Max</i>) Propaquizafop (<i>Agil, Obsidio Rex, Propaq</i>) Quizalofop-P-ethyl (<i>Targa Super</i>)
		Cyclohexanedione (DIMs)	<ul style="list-style-type: none"> Clethodim (<i>Select</i>) Cycloxydim (<i>Focus Ultra, RUGA</i>)
2 (B)	Hemmung der Acetolactat-Synthase (ALS-Hemmer)	Sulfonylharnstoffe	<ul style="list-style-type: none"> Triflursulfuron-methyl (<i>Debut</i>) Diverse Wirkstoffe aus dieser Gruppe sind im Ackerbau bewilligt.
		Imidazolinone	<ul style="list-style-type: none"> Imazamox (<i>Bolero</i>)
3 (K1)	Hemmung der Mikrotubulianordnung	Dinitroaniline	<ul style="list-style-type: none"> Pendimethalin (<i>Hysan Aqua, Pendi, Pendimethalin SA-400 SC, Sitradol SC, Sitradol Tec, Stomp Aqua</i>)
		Benzamide	<ul style="list-style-type: none"> Propyzamide (<i>Fulgur Rex, Granat, Kerb Flo, Nizo S, Proper Flo</i>)

Gruppe (HRAC Code)	Wirkmechanismus	chemische Familie	Wirkstoff (Produkte)
4 (O)	Synthetische Auxine (Wirkung wie Indolessigsäure)	Phenoxycarbonsäuren	• MCPB (<i>Divopan, MCPB LG, MCPB Omya, MCPB 400, Trifolin</i>)
		Pyridin-Carbonsäuren	• Clopyralid (<i>Alopex, Rapper</i>)
		Pyridyloxy-Carboxylate	• Fluroxypyr (<i>Starane Max</i>)
5 (C1)	Hemmung der Photosynthese von Photosystem II	Triazine	• Terbutylazine (<i>Gardo Gold</i>)
		Triazinone	• Metamitron (<i>Beta Omya, Bettix SC, Goltix 700 SC, Metafol Super, Metamitron 700 flüssig, Sugaro Gold und andere</i>) • Metribuzin (<i>Artist, Buzzin 70 WG, Condoral SC, Dancor 70 WG, Metric, Sencor SC, Zepter</i>)
		Uracile	• Lenacil (<i>Lenacil, Spark, Venzar, Venzar 500 SC</i>)
		Phenylcarbamate	• Phenmedipham (<i>Beetup 160 EC, Betam LG, Beta Star, Phenmedipham EC, Rübex, Sugaro Duo und andere</i>)
5 (C2)	Hemmung der Photosynthese von Photosystem II	Harnstoffe	• Metobromuron (<i>Proman, Soletto</i>)
6 (C3)	Hemmung der Photosynthese von Photosystem II	Benzothiadiazinone	• Bentazon (<i>Basagran SG, Effican SG, Kusak SG, Pedian SG</i>)
		Phenyl-Pyridazine	• Pyridate (<i>Herbasan, Lentagran, Pyridate 45 WP</i>)
9 (G)	Hemmung der EPSP-Synthase	Glycine	Glyphosat (<i>verschiedene "Roundups" und andere</i>)
13 (F4)	Hemmung der Deoxy-D-Xyulose-Phosphate-Synthase	Isoxazolidinone	• Clomazone (<i>Brasan Duo, Capone, Cargon S, Colzaphen, Metric, Rodino ready</i>)
14 (E)	Brenner: Hemmung der Protoporphyrinogen-Oxidase (PPO)	N-phenylphthalimide	• Flumioxazin (<i>Pledge</i>)

Gruppe (HRAC Code)	Wirkmechanismus	chemische Familie	Wirkstoff (Produkte)
15 (K3)	Hemmung der Synthese von sehr langkettigen Fettsäuren	Chloroacetamide	<ul style="list-style-type: none"> • Dimethenamid-P (<i>Frontier X2, Loper, Mazil, Spectrum</i>) • Metazachlor (<i>Bredola, Butisan S, Devrinol Plus, Rapsan 500 SC, Trax</i>) • Pethoxamid (<i>Colzaphen, Rodino ready, Successor 600</i>) • S-Metolachlor (<i>Calado, Dual Gold, Frontex, Gardo Gold</i>)
		Oxyacetamide	<ul style="list-style-type: none"> • Flufenacet (<i>Artist</i>)
		Thiocarbamate	<ul style="list-style-type: none"> • Prosulfocarb (<i>Boxer, Golaprex Basic</i>)
		Benzofuran	<ul style="list-style-type: none"> • Ethofumesate (<i>Beetup Duo, Beta Star, Kusak SG, Médobet, Metafol Super, Oblix MT, Oblix 200 EC, Rübex, Sugaro Duo und andere</i>)
27 (F2)	Ausbleichung (Bleaching): Hemmung der 4-hydroxyphenyl-pyruvate-dioxygenase (4-HPPD)	Triketone	<ul style="list-style-type: none"> • Mesotrione (<i>Callisto</i>) • Tembotrione (<i>Barst, Laudis</i>)
32 (F3)	Ausbleichung (Bleaching): Hemmung der Solanesyl-Diphosphat-Synthase	Diphenylether	<ul style="list-style-type: none"> • Aclonifen (<i>Bandur, Baso, Chanon, Dacthal SC, Laguna</i>)
0 (Z)	Unbekannter Wirkmechanismus	Acetamide	<ul style="list-style-type: none"> • Napropamide (<i>Aprex FL, Nikkel, Devrinol Plus, Napronol, Phalanx Rex</i>)
			<ul style="list-style-type: none"> • Pelargonsäure (<i>Headdown, Natrel</i>) • Dazomet (<i>Basamid-Granulat</i>)
	nicht klassifiziert		<ul style="list-style-type: none"> • Essigsäure (<i>Rasan Bio</i>) • Fettsäuren (Kaliumsalze) (<i>Siplant</i>)

5 Quellen

- Aktionsplan zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (2017): Bericht des Bundesrats, S. 9. <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/nachhaltige-produktion/pflanzenschutz/aktionsplan.html>, zuletzt besucht am 28.10.2021.
- Bauermeister R., Total R., Baumann, D.T., Bleeker P., Koller M. und Lichtenhahn, M. (2005): Unkrautpraxis – Mechanische Unkrautregulierung im Gemüsebau. Agroscope FAW Wädenswil (Ed.), S. 1-52.
- Fungicide Resistance Action Committee (2021): FRAC Code List 2021: Fungal control agents sorted by cross resistance pattern and mode of action (including coding for FRAC Groups on product labels), S. 1-17. https://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac-code-list-2022--final.pdf?sfvrsn=b6024e9a_2, zuletzt besucht am 05.01.2023.
- Herbicide Resistance Action Committee (2020): Global HRAC MOA Classification Working Group Report, https://hracglobal.com/files/GHRAC_MOA_UPDATE_2020.pdf, zuletzt besucht am 05.01.2023.
- Herbicide Resistance Action Committee: GLOBAL HERBICIDE CLASSIFICATION LOOKUP - Mode of Action Groups. <https://hracglobal.com/tools/classification-lookup>, zuletzt besucht am 05.01.2023.
- Herbicide Resistance Action Committee: Herbicide Resistance: Overview. <https://hracglobal.com/herbicide-resistance/overview>, zuletzt besucht am 28.10.2021.
- Herbicide Resistance Action Committee: Guideline to the Management of Herbicide Resistance. <https://hracglobal.com/files/Management-of-Herbicide-Resistance.pdf>, zuletzt besucht am 05.01.2023.
- Insecticide Resistance Action Committee International MoA Working Group (2021): IRAC Mode of Action Classification Scheme, Version 10.4, Dezember 2022. S. 1-41., <https://irac-online.org/documents/moa-classification> zuletzt besucht am 05.01.2023.
- Lichtenhahn M., Koller M., Dierauer H. und Baumann D. (2002): Unkrautregulierung – termingerecht und schlagkräftig. <https://shop.fibl.org/chde/1027-gemuese-unkraut.html>, zuletzt besucht am 05.01.2023.
- Moss, S., 2017: Herbicide Resistance in Weeds. In: Hatcher P.E. and Froud-Williams R.J. (eds.): Weed Research Expanding Horizons, Jon Wiley & Sons Ltd., Hoboken, New Jersey. S.181-214.
- Ward, A., 2020: RE: Important changes to the Global Herbicide Resistance Action Committee. Information on behalf of global HRAC and CropLife International (HRAC)'s herbicide mode of action classification system. https://www.hracglobal.com/files/CLI_SUPPORT_HRAC_MOA_UPDATE_ENG.pdf, zuletzt besucht am 05.01.2023.