

Pflanzen

Agroscope Transfer | Nr. 382 / Version Januar 2021



Pflanzenschutzmittel im Gemüsebau: Erfolgreiches Resistenzmanagement durch Berücksichtigung der Wirkstoffgruppen

Autoren

Brigitte Baur, Anouk Guyer, Martina Keller und Matthias Lutz



Impressum

Herausgeber:	Agroscope Müller-Thurgau-Strasse 29 8820 Wädenswil www.agroscope.ch
Auskünfte:	Anouk Guyer (Insektizide), Martina Keller (Herbizide) und Matthias Lutz (Fungizide)
Redaktion:	Brigitte Baur
Gestaltung:	Brigitte Baur
Titelbild	Agroscope
Copyright:	© Agroscope 2021
ISSN:	2296-7230
DOI:	https://doi.org/10.34776/at382g

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 2021):

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 Schadern 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.

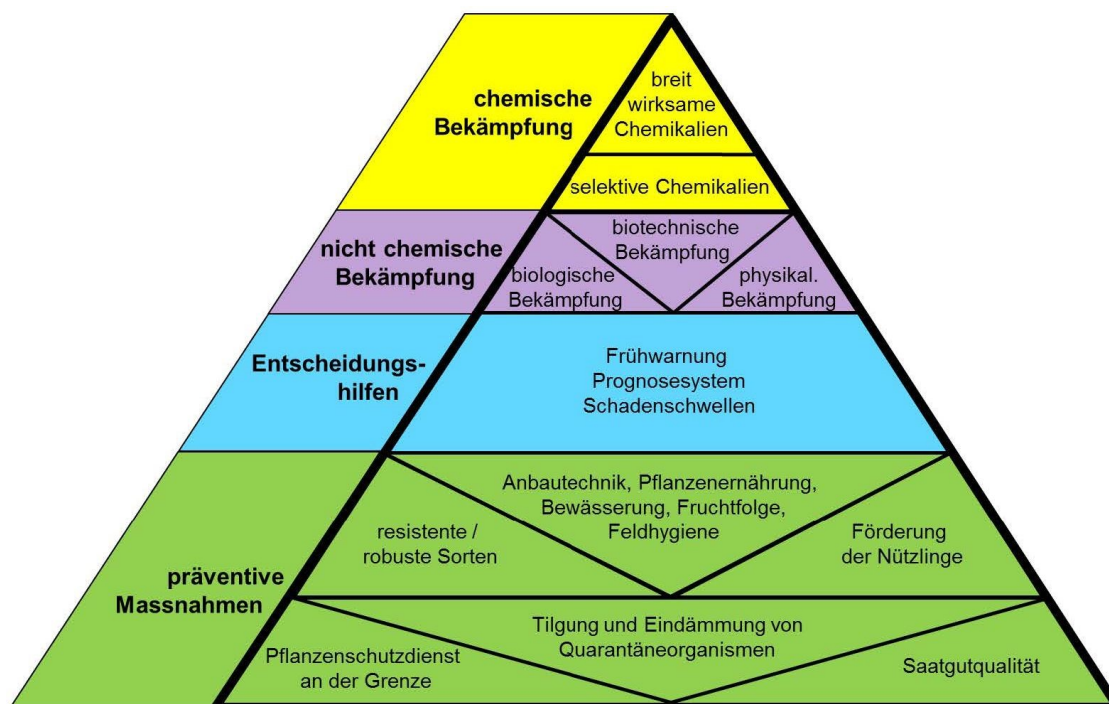


Abbildung 1: Das Prinzip des integrierten Pflanzenschutzes (Quelle: Aktionsplan Pflanzenschutz)

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 Landwirtschaft 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 Orvego (BASF) in Kartoffeln: «Zur Vermeidung einer Resistenzbildung maximal 3 Behandlungen pro Jahr und Parzelle mit Produkten aus der Wirkstoffgruppe FRAC Nr. 40 (CAA, Carboxylic acid amides) oder FRAC Nr. 45 (QoI, Quinone outside Inhibitor)».

In den Tabellen sind die für den Pflanzenschutz im Schweizer Gemüsebau zurzeit (Januar 2021) 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. 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 (z. B. Pyrethroide gegen die Möhrenfliege) 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 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"> • alpha-Cypermethrin (<i>Fastac Perlen</i>) • Cypermethrin (<i>Cypermethrin, Cypermethrin S, Cyperméthrine</i>) • Deltamethrin (<i>Aligator, Decis Protech</i>) • Etofenprox (<i>Blocker</i>) • lambda-Cyhalothrin (<i>Karate Zeon, Kendo, Ravane 50, TAK 50 EG, Techno, Techno 10 CS</i>) • Pyrethrine (<i>Alaxon Gold, BIOHOP DeITRIN, BIOHOP DeITRUM, Biorga Contra Insektizid Konzentrat, Deril, Gesal Natur Insektizid, Parexan N, Piretro Maag, Pyrethrum FS, Sanoplant Bio-Spritzmittel, Sepal</i>) • zeta-Cypermethrin (<i>Fury 10 EW</i>)
4A	Neonicotinoide	<ul style="list-style-type: none"> • Acetamiprid (<i>Basudin SG, Barritus Rex, Gazelle SG, Oryx Pro</i>) • Imidachlopid (<i>Gaicho</i>) • Thiaclopid (<i>Biscaya</i>)
5	Spinosyne	<ul style="list-style-type: none"> • Spinosad (<i>Audienz, Perfetto, BIOHOP AudiENZ</i>)
6	Avermectine Milbemycine	<ul style="list-style-type: none"> • Abamectin (<i>Vertimec Gold</i>) • Emamectinbenzoat (<i>Affirm, Affirm Profi, 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>)
10B	Etoazole	<ul style="list-style-type: none"> • Etoazol (<i>Arabella</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, Gesal Trauermücken-Stop</i>) • <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> (<i>Delfin, BIOHOP DeIFIN, Dipel DF</i>) • <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>tenebrionis</i> (<i>Novodor 3 FC</i>)

IRAC Gruppe	Bezeichnung der Untergruppe oder Beispiel für Wirkstoff	Wirkstoff (Produkte)
18	Diacylhydrazine	• Tebufenozide (<i>Mimic</i>)
20B	Acequinocyl	• Acequinocyl (<i>Kanemite, Capito Milben-Stopp</i>)
20D	Bifenazate	• Bifenazate (<i>Acramite 480 SC</i>)
21A	METI (mitochondrial electron transport inhibitors) Insektizide und Akarizide	• Fenpyroximate (<i>Kiron, Spomil K</i>)
23	Tetron- und Tetransäurederivate	• 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>NeemAza-T/S, Biorga Contra Neem, BIOHOP DeINEEM, Neem Maag, Sanoplant Neem</i>)
UNE	Botanische Essenzen	• Fettsäuren (<i>Lotiq, Natural, Neudosan Neu, Oleate 20, Siva 50, Vista, BIOHOP DeIMON</i>) • Quassiaextrakt (<i>Quassan, BIOHOP DeISAN</i>) • synthetische und natürliche Öle (<i>Prev-AM, 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 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 (Produkte)
A1	PA-Fungizide (Phenylamide)	4	• Metalaxyl-M (<i>Apron XL, Fongamil, Maxim XL, Ridomil Gold</i>)
B1	MBC-Fungizide	1	• Thiophanate-methyl (<i>Cercobin</i>)
C2	SDHI (Succinate-dehydrogenase Hemmer)	7	• 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, Amistar Xtra, Alibi Flora, Globazar SC, Heritage Flow, Hortosan, Proton, Ortiva, Priori Top</i>) • Fluoxastrobin (<i>Fandango</i>) • Kresoxim-methyl (<i>Corsil, Stroby WG</i>) • Pyraclostrobin (<i>Signum</i>) • Trifloxystrobin (<i>Agora SC, Desi>proXX, 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, Signal</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>) • Mepanipirim (<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</i>)
G1	DMI-Fungizide	3	<ul style="list-style-type: none"> • Cyproconazole (<i>Agora SC, Amistar Xtra, Desi>proXX</i>) • Difenoconazole (<i>Alibi Flora, Bogard, Dagonis, Difcor 250 EC, Divo, Genius Rex, Priori Top, Revus Top, Score Profi, Sico, Slick, Taifen</i>) • Imazalil (<i>Scomrid-Spray</i>) • Myclobutanil (<i>Systhane Max, Systhane viti 240</i>) • Penconazole (<i>Topas, Topas Vino</i>) • Prothioconazole (<i>Fandango</i>) • Tebuconazole (<i>Ethosan, 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"> • Benthiavalicarb (<i>Valbon</i>) • Dimethomorph (<i>Acrobat MZ WG, Dominator, Forum, Orvego</i>) • Mandipropamid (<i>Revus, Revus MZ, Revus Top, Sandora, Virexa</i>)
P1	Benzothiadiazole (BTH)	P01	<ul style="list-style-type: none"> • Azibenzolar-S-methyl (<i>Bion</i>)
P4	natürliche Verbindung	P04	<ul style="list-style-type: none"> • Laminarin (<i>Vacciplant</i>)
P7	natürliche Verbindung	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, Curzate M WG, Cymoxanil WG, Mancozeb-Cymox, Nospor MZ</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, Solfovit WG, Soufre FL, Sufralo, Thiovit Jet</i>)
	Dithiocarbamate	M03	• Mancozeb (<i>Acrobat MZ WG, Bonita, Curzate M WG, Dithane Neotec, Mancozeb 75 WG, Mancozeb-Cymox, Nospor MZ, Policar 75 WG NeoTec, Proto>proXX, Revus MZ, Ridomil Gold, Sandora, Tutor WG, Valbon, Virexa</i>)
	Phthalimide	M04	• Folpet (<i>Cupro-Folpet flüssig, Cupro-folpet TB, Cupro-Folpet Ultra, Perolan Super WDG, 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>)

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 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 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 (ACCCase-Hemmer)	Aryloxyphenoxypropionate (FOPs)	<ul style="list-style-type: none"> Fluazifop-P-butyl (<i>Auxilior Rex</i>, <i>Fusilade Max</i>) Haloxyfop-R-methyl (<i>Gallant 535</i>) Propaquizafop (<i>Agil</i>, <i>Obsidio Rex</i>, <i>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</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>)

Gruppe (HRAC Code)	Wirkmechanismus	chemische Familie	Wirkstoff (Produkte)
3 (K1)	Hemmung der Mikrotubulianordnung	Dinitroaniline	<ul style="list-style-type: none"> • Pendimethalin (<i>Bacalon aqua, Hysan Micro, Pendi, Sitradol SC, Sitradol micro, Stomp aqua</i>) • Oryzalin (<i>Surflan</i>)
		Benzamide	<ul style="list-style-type: none"> • Propyzamide (<i>Fulgur Rex, Fulgur SC, Graminex, Granat, Kerb Flo, Nizo, Proper Flo</i>)
4 (O)	Synthetische Auxine (Wirkung wie Indolessigsäure)	Phenoxy-carbonsäuren	<ul style="list-style-type: none"> • MCPB (<i>Divopan, MCPB LG, MCPB Omya, MCPB 400, Trifolin</i>)
		Pyridin-Carbonsäuren	<ul style="list-style-type: none"> • Clopyralid (<i>Alopex</i>)
		Pyridyloxy-Carboxylate	<ul style="list-style-type: none"> • Fluroxypyr (<i>Starane Max</i>)
5 (C1)	Hemmung der Photosynthese von Photosystem II	Triazine	<ul style="list-style-type: none"> • Terbutylazine (<i>Gardo Gold</i>)
		Triazinone	<ul style="list-style-type: none"> • Metamitron (<i>Beta Omya, Betron WDG, Bettix SC, Bettix WG, Goltix compact, Goltix Gold, Goltix 700 SC, Goltix WG 70, Metafol Super, Metamitron 700 flüssig, Métamitrone Médol, Oblix MT, Sugaro Gamma, Sugaro Gold</i>) • Metribuzin (<i>Artist, Buzzin 70 WG, Condoral SC, Dancor 70 WG, Metric, Metriphar 70 WG, Saturn, Sencor SC, Zepter</i>)
		Uracile	<ul style="list-style-type: none"> • Lenacil (<i>Lenacil, Spark, Venzar 500 SC, Venzar</i>)
		Phenylcarbamate	<ul style="list-style-type: none"> • Phenmedipham (<i>Beetup 160 EC, Beetup Duo, Betam LG, Beta Star, Kusak SG, Médobet, Mentor Uno, Phenmédiphame 160 EC, Phenmedipham EC, Phenmedipham SE, Rübex, Sugaro Duo</i>)
5 (C2)	Hemmung der Photosynthese von Photosystem II	Harnstoffe	<ul style="list-style-type: none"> • Metobromuron (<i>Proman, Soletto</i>)
6 (C3)	Hemmung der Photosynthese von Photosystem II	Nitrile	<ul style="list-style-type: none"> • Bromoxynil (<i>Buctril, Xınca</i>)
		Benzothiadiazinone	<ul style="list-style-type: none"> • Bentazon (<i>Basagran SG, Effican SG, Kusak SG, Pedian SG</i>)
		Phenyl-Pyridazine	<ul style="list-style-type: none"> • Pyridate (<i>Lentagran, Pyridate 45 WP</i>)
9 (G)	Hemmung der EPSP- Synthase	Glycine	<ul style="list-style-type: none"> • Glyphosat (<i>Roundup und andere</i>)
13 (F4)	Hemmung der Deoxy- D-Xyulose-Phosphate- Synthase	Isoxazolidinone	<ul style="list-style-type: none"> • Clomazone (<i>Cargon S, Centium 36 CS, Colzaphen, Metric, Rodino ready</i>)

Gruppe (HRAC Code)	Wirkmechanismus	chemische Familie	Wirkstoff (Produkte)
14 (E)	Brenner: Hemmung der Protoporphyrinogen- Oxidase (PPO)	N-phenylphthalimide	<ul style="list-style-type: none"> • Flumioxazin (<i>Pledge</i>)
15 (K3)	Hemmung der Synthese von sehr langkettigen Fettsäuren	Chloroacetamide	<ul style="list-style-type: none"> • Dimethenamid-P (<i>Frontier X2, Loper, 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</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>Nikkel, Devrinol Plus</i>)
			<ul style="list-style-type: none"> • Pelargonsäure (<i>Natrel</i>) • Dazomet (<i>Basamid-Granulat</i>)
	nicht klassifiziert		<ul style="list-style-type: none"> • Essigsäure (<i>Capito Total-Herbizid, Deserpan Rasant, Gesal Unkrautvertilger Natur-Rapid, Mioplant Natura Unkrautvernichter, Rasan Bio, Sanoplant Acetic, Tural</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 05.01.2021.
- 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 (2020): FRAC Code List 2020: Fungal control agents sorted by cross resistance pattern and mode of action (including FRAC Code numbering), S. 1-16. https://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac-code-list-2020-finalb16c2b2c512362eb9a1eff00004acf5d.pdf?sfvrsn=54f499a_2, zuletzt besucht am 05.01.2021.
- Herbicide Resistance Action Committee (2020): Global HRAC MOA Classification Working Group Report, https://hracglobal.com/files/GHRAC_MOA_UPDATE_2020.pdf, zuletzt besucht am 05.01.2021.
- Herbicide Resistance Action Committee: GLOBAL HERBICIDE CLASSIFICATION LOOKUP - Mode of Action Groups. <https://hracglobal.com/tools/classification-lookup>, zuletzt besucht am 05.01.2021.
- Herbicide Resistance Action Committee: Herbicide Resistance: Overview. <https://hracglobal.com/herbicide-resistance/overview>, zuletzt besucht am 05.01.2021.
- Herbicide Resistance Action Committee: Guideline to the Management of Herbicide Resistance. <https://hracglobal.com/files/Management-of-Herbicide-Resistance.pdf>, zuletzt besucht am 05.01.2021.
- Insecticide Resistance Action Committee International MoA Working Group (2020): IRAC Mode of Action Classification Scheme, Version 9.4, June 2020. S. 1-30. file:///C:/Users/U80748386/Downloads/MoA-Classification_v9.4_3March20.pdf, zuletzt besucht am 05.01.2021.
- 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 20.01.2021.
- 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 06.01.2021.