



Punktesystem für den Pflanzenschutz im Gemüsebau

**Reduktion des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln
und deren Risiken durch flexible Anreizsysteme**

Autorinnen und Autoren

Verena Säle, Muris Korkaric, Reto Neuweiler, Laura de Baan

Partner

Mirjam Lüthi, IP-SUISSE



Impressum

Herausgeber	Agroscope Müller-Thurgau-Strasse 29 8820 Wädenswil www.agroscope.ch
Auskünfte	Laura de Baan, laura.debaan@agroscope.admin.ch
Gestaltung	Johann Marmy
Titelbild	Agroscope
Copyright	© Agroscope 2022
ISSN	2296-729X
DOI	https://doi.org/10.34776/as139g

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

Zusammenfassung	5
Résumé	7
Summary	9
1 Einleitung	11
1.1 Ausgangslage	11
1.2 Projektziele und -anforderungen	12
1.3 Aufbau der Studie	12
2 Methoden	13
2.1 Vorbeugende und nicht-chemische Massnahmen	13
2.1.1 Ermittlung relevanter Kulturen und Schaderreger im Schweizer Gemüsebau	14
2.1.2 Sammlung vorbeugender und nicht-chemischer Massnahmen	14
2.1.3 Bewertung und Festlegung der Punkte pro Massnahme	14
2.1.4 Finalisierung des Massnahmenkatalogs	16
2.1.5 Berechnung Punkte pro Parzelle	16
2.2 Umweltrisiken chemischer Pflanzenschutz	16
2.2.1 Bewertungsgrundlage	16
2.2.2 Normierung, Aggregation und Skalierung zu Negativpunkten	17
2.2.3 Berechnung Negativpunkte für Spritzfolgen in Gemüsekulturen	17
2.3 Risikominderungsmassnahmen chemischer Pflanzenschutz	18
2.3.1 Sammlung und Bewertung von RMM	18
2.3.2 Gesamtbetriebliche Berechnung der RMM	18
2.4 Betriebsumfrage und Punkteberechnung Ist-Zustand	19
2.4.1 Hintergrund	19
2.4.2 Vorgehen	19
2.4.3 Datenerhebung	19
2.4.4 Berechnung Punkte vorbeugende und nicht-chemische Massnahmen	19
2.4.5 Berechnung Negativpunkte Umweltrisiken PSM	20
2.4.6 Vergleichsdaten	20
2.4.7 Behandlungsindex	20
2.5 Entwicklung Gesamtpunktesystem	20
3 Resultate	21
3.1 Vorbeugende und nicht-chemische Massnahmen	21
3.1.1 Expertenumfrage und Interviews mit Produzenten	21
3.1.2 Expertenworkshop	21
3.1.3 Auswahl und Bewertung der vorbeugenden und nicht-chemischen Massnahmen	21
3.2 Umweltrisiken chemischer Pflanzenschutz	29
3.3 Risikominderungsmassnahmen chemischer Pflanzenschutz	30
3.4 Betriebsumfrage	32
3.4.1 Auswertbare Datensätze	32
3.4.2 Punkte für vorbeugende und nicht-chemische Massnahmen	33
3.4.3 Punkte chemischer Pflanzenschutz	34

3.4.4	Vergleich Punkte vorbeugende/nicht-chemische Massnahmen, PSM-Einsatz und PSM-Risiken	36
3.4.5	Festlegung Punktegrenzen (Mindestanforderungen).....	37
4	Diskussion	38
4.1	Förderung vorbeugender und nicht-chemischer Massnahmen.....	38
4.2	Reduktion Risiken chemischer Pflanzenschutz	40
4.3	Förderung risikomindernder Massnahmen.....	42
4.4	Entwicklung und Test des Gesamtpunktesystems.....	43
4.5	Herausforderungen bei Implementierung des Punktesystems	43
4.5.1	Schrittweises Vorgehen.....	43
4.5.2	Aktualisierung des Punktesystems.....	44
4.5.3	Monitoring der Entwicklung von PSM Einsatz und Risiken.....	45
4.5.4	Mögliche Vereinfachungen	45
5	Schlussfolgerung	46
6	Danksagung	46
7	Referenzen	47
8	Anhang	52
8.1	Vorbeugende und nicht-chemische Massnahmen	52
8.1.1	Literatur, die als Grundlage zur Erarbeitung der Massnahmenliste diente	52
8.1.2	Hauptschaderreger für ausgewählte Gemüsekulturen im Schweizer Anbau.....	55
8.1.3	Massnahmen, die nicht ins Punktesystem aufgenommen wurden	63
8.1.4	Workshop Teilnehmende.....	72
8.2	Entwicklung und Test Gesamtpunktesystem	72

Zusammenfassung

Punktesystem für den Pflanzenschutz im Gemüsebau: Reduktion des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln und deren Risiken durch flexible Anreizsysteme

Um den Einsatz und die damit verbundenen Risiken von Pflanzenschutzmitteln (PSM) im Gemüsebau zu reduzieren und gleichzeitig Gemüse von hoher Qualität zu produzieren, werden geeignete alternative Pflanzenschutzmassnahmen benötigt. Mit einem Punktesystem, analog zum bereits etablierten Biodiversitäts-Punktesystem von IP-SUISSE, könnten Anreize geschaffen werden, den Einsatz und die Umweltrisiken von PSM zu reduzieren und vermehrt vorbeugende und nicht-chemische Massnahmen umzusetzen. Im Rahmen dieses Forschungsprojekts wurden im Austausch mit IP-SUISSE die wissenschaftlichen Grundlagen für ein solches Punktesystem geschaffen, welches künftig beispielsweise im IP-SUISSE Gemüseanbau angewendet werden könnte. Das Punktesystem berücksichtigt die drei Bereiche i) vorbeugender und nicht-chemischer Pflanzenschutz, ii) Umweltrisiken von PSM und iii) Risikominderungsmassnahmen beim Einsatz von PSM.

Gegen wichtige Krankheiten, Schadinsekten und Unkräuter wurden *vorbeugende und nicht-chemische Pflanzenschutzmassnahmen* zusammengetragen. Dazu gehören zum Beispiel Massnahmen betreffend Fruchtfolge, Anbautechnik, Feldhygiene oder mechanische Unkrautbekämpfung. Diese Massnahmen haben zum Ziel, den Einsatz von PSM zu reduzieren. Einige dieser Massnahmen sind für alle Gemüsekulturen geeignet, andere hingegen nur für einzelne Kulturen. Schliesslich wurden 29 Massnahmen für 13 Gemüsekulturen von Fachpersonen aus Produktion, Beratung und Forschung beurteilt und je nach ihrer Wirksamkeit mit einer Punktzahl von eins bis acht versehen. Dabei gilt, je höher die Punktezahl, desto besser die Wirksamkeit. Zudem wurden für schwierig umsetzbare Massnahmen bis zu zwei Zusatzpunkte vergeben.

Um die *Umweltrisiken von PSM* zu bewerten, wurden basierend auf Risikoscores Negativpunkte für Wirkstoffe berechnet. Berücksichtigt wurden dabei das potenzielle Risiko für Lebewesen in Oberflächengewässern, in naturnahen Lebensräumen und das Belastungspotenzial des Grundwassers. Für jeden dieser drei Bereiche wurde der Wirkstoff mit den höchsten Risiken mit 10 Negativpunkten bewertet, die anderen Wirkstoffe entsprechend mit weniger Punkten. Anschliessend wurden für jeden Wirkstoff die Negativpunkte der drei Bereiche zu einer Punktzahl addiert. Zudem wurde ein minimaler Wert von 0,5 Negativpunkten pro Wirkstoff festgelegt, damit nicht nur der Verzicht auf Wirkstoffe mit höheren Umweltrisiken, sondern auch eine allgemeine Reduktion der PSM-Anwendungen bewertet wird.

Ebenfalls wurden mögliche Massnahmen zur *Risikominderung* bei der Anwendung von PSM im Gemüsebau zusammengestellt, um das Risiko von PSM zu reduzieren, wenn auf eine Anwendung nicht verzichtet werden kann. Dazu gehören zum Beispiel Massnahmen gegen Drift und Run-off. Es wurden allgemeingültige sowie parzellenspezifische Massnahmen definiert. Für die Umsetzung von Massnahmen, die über die gesetzlichen Mindestanforderungen hinausgehen, wurden 0,5 bis 3 Punkte vergeben. Die Punktevergabe erfolgte analog zu den Punkten, die in den Weisungen des Bundesamts für Landwirtschaft (BLW) für Massnahmen zur Reduktion der Risiken bei der Anwendung von PSM festgelegt wurden. Auch im Bereich der Risikominderung bedeutet eine höhere Punktzahl eine bessere Wirksamkeit. Ebenfalls wurden hier für Massnahmen, die im Gemüsebau besonders schwierig umzusetzen sind, bis zu zwei zusätzliche Punkte vergeben.

Mit Hilfe einer *Betriebsumfrage* wurde ermittelt, wie viele Punkte für vorbeugende und nicht-chemische Massnahmen und wie viele Negativpunkte für PSM die Gemüseproduzenten der IP-SUISSE aktuell erhalten würden. Die Risikominderungsmassnahmen wurden in der Umfrage nicht ermittelt, da sie erst zu einem späteren Zeitpunkt festgelegt wurden. Insgesamt beteiligten sich 22 IP-SUISSE Gemüsebaubetriebe an der Umfrage, welche Ende 2020 bis Mitte 2021 durchgeführt wurde. Hierbei waren grosse Unterschiede zwischen den Betrieben, aber vor allem auch zwischen verschiedenen Gemüsekulturen ersichtlich. Insgesamt zeigte sich, dass die befragten IP-SUISSE Gemüsebetriebe schon verschiedene vorbeugende und nicht-chemische Massnahmen umsetzen, es jedoch noch Potenzial gibt, die Umsetzung solcher Massnahmen mit einem Punktesystem gezielt zu fördern. Die Risiken von PSM waren für Karotten, Zwiebeln, Sellerie und Kohl generell höher als bei den anderen Kulturen. Auf Parzellen, auf denen wiederholt Insektizide der Gruppe der Pyrethroide eingesetzt wurden, waren die Risiken deutlich erhöht. Bei Betrieben, welche bereits viele vorbeugende und nicht-chemische Massnahmen umsetzten, wurde nicht zwingend

ein geringerer Einsatz und ein tieferes Risiko von PSM beobachtet. Auch hier besteht somit Potenzial, um mit einem Punktesystem die Risiken gezielt zu senken.

Um in allen drei Massnahmenbereichen Verbesserungen zu erreichen, sollte jeweils eine separate Mindestpunktzahl für vorbeugende/nicht-chemische Pflanzenschutzmassnahmen und für Risikominderung, respektive eine Maximalpunktzahl für Umweltrisiken festgelegt werden, die nicht überschritten werden soll. Für die Umsetzung eines solchen Punktesystems im Rahmen eines Label-Programms wird ein schrittweises Vorgehen empfohlen. Zuerst sollten alle bereits angewandten Massnahmen erfasst werden, um den Status quo des Pflanzenschutzes der Gemüsebaubetriebe festzulegen. Anschliessend können daraus Punktegrenzen festgelegt werden, welche im Laufe der Zeit angepasst werden können.

Pflanzenschutz im Gemüsebau ist sehr komplex. Mit dem hier entwickelten Punktesystem haben Betriebe die Möglichkeit, solche Massnahmen umzusetzen, die zu ihrem Betrieb passen. Sowohl die Umsetzung als auch die Aufzeichnung und Kontrolle sämtlicher Massnahmen erfordern aber einen zusätzlichen zeitlichen und administrativen Aufwand. Damit sich dieser Mehraufwand lohnt und sich genügend Betriebe am Punktesystem beteiligen, sollten die Teilnahmebedingungen an einem Label-Programm (z.B. via Marktzugang, Preisprämie) genug attraktiv sein. Vorbeugende und nicht-chemische Massnahmen bieten nicht immer die gleiche Wirksamkeit wie chemische Massnahmen. Damit eine starke Reduzierung des PSM-Einsatzes und den damit verbundenen Risiken erreicht werden kann, wäre auch ein Prozess wünschenswert, bei dem die Qualitätsansprüche des Handels und der Konsumentinnen und Konsumenten überdacht und angepasst werden.

Résumé

Système à points pour la protection des végétaux dans les cultures maraîchères: réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires et des risques qu'ils présentent grâce à un système incitatif flexible

Afin de réduire l'utilisation et les risques liés aux produits phytosanitaires (PPh) dans les cultures maraîchères tout en produisant des légumes de haute qualité, il est nécessaire de prendre des mesures alternatives appropriées en termes de protection des plantes. Un système de points - semblable au système de points déjà établi par IP-SUISSE pour la biodiversité - permettrait d'inciter à réduire l'utilisation des PPh dans les cultures maraîchères et les risques qu'ils présentent pour l'environnement, d'appliquer davantage de mesures préventives et non chimiques. Dans le cadre de ce projet de recherche, les principes scientifiques d'un système de points de ce type ont été élaborés en collaboration avec IP-SUISSE. Un tel système pourrait par exemple être appliqué à l'avenir dans les cultures maraîchères d'IP-SUISSE. Le système de points prend en compte les trois domaines suivants i) mesures préventives et non chimiques de protection des végétaux, ii) risques environnementaux des PPh et iii) mesures de réduction des risques lors de l'emploi des PPh.

Des mesures phytosanitaires préventives et non chimiques ont été identifiées pour les principales maladies, les insectes nuisibles et les adventices. Il s'agit par exemple de mesures concernant la rotation des cultures, les techniques culturales, l'hygiène des champs ou le désherbage mécanique. Ces mesures ont pour but de réduire l'utilisation des PPh. Certaines mesures conviennent à toutes les cultures maraîchères, d'autres sont spécifiques à certaines cultures seulement. Enfin, 29 mesures concernant 13 cultures maraîchères ont été évaluées par des spécialistes de la production, de la vulgarisation et de la recherche, qui leur ont attribué un nombre de points allant de un à huit en fonction de leur efficacité. Plus le nombre de points est élevé, plus l'efficacité est grande. En outre, jusqu'à deux points supplémentaires ont été attribués aux mesures difficiles à mettre en œuvre.

Pour évaluer les *risques environnementaux des PPh*, des points négatifs ont été calculés pour les substances actives sur la base d'indicateurs de risque. Ces derniers prennent en compte le risque potentiel pour les organismes dans les eaux de surface, les habitats semi-naturels et le potentiel de pollution des eaux souterraines. Pour chacun de ces trois milieux, la substance active présentant les risques les plus élevés s'est vu attribuer 10 points négatifs, les autres substances actives recevant respectivement moins de points. Ensuite, pour chaque substance active, les points négatifs des trois milieux ont été additionnés pour obtenir un nombre de points total. En outre, une valeur minimale de 0,5 point négatif par substance active a été fixée afin d'évaluer non seulement le fait de renoncer aux substances actives présentant des risques plus élevés pour l'environnement, mais aussi la réduction générale de l'utilisation des PPh.

De même, diverses mesures permettant de *réduire les risques* lors de l'utilisation de PPh dans les cultures maraîchères ont été rassemblées afin au moins de limiter les risques lorsqu'il n'est pas possible de renoncer à l'utilisation des PPh. Il s'agit par exemple de mesures contre la dérive et le ruissellement. Des mesures générales ont été définies, de même que des mesures spécifiques aux parcelles. Pour la mise en œuvre de mesures allant au-delà des exigences minimales fixées par la loi, 0,5 à 3 points ont été attribués. L'attribution des points s'est faite de manière analogue aux points définis dans les instructions de l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG) relatives aux mesures de réduction des risques lors de l'application de PPh. Dans le domaine de la réduction des risques également, un nombre de points plus élevé signifie une meilleure efficacité. De même, jusqu'à deux points supplémentaires ont été attribués ici pour les mesures qui sont particulièrement difficiles à mettre en œuvre dans les cultures maraîchères.

Une *enquête réalisée auprès des exploitations* a permis de déterminer combien de points les producteurs maraîchers d'IP-SUISSE obtiendraient actuellement pour les mesures préventives et non chimiques et combien de points négatifs pour les PPh. Les mesures de réduction des risques n'ont pas été prises en compte dans le cadre de l'enquête, car elles n'avaient pas encore été fixées à cette date. Au total, 22 exploitations maraîchères IP-SUISSE ont participé à l'enquête, qui s'est déroulée de la fin de l'année 2020 jusqu'au milieu de l'année 2021. Cette enquête a mis en lumière de grandes différences entre les exploitations, mais aussi et surtout entre les différentes cultures maraîchères. Dans l'ensemble, il s'est avéré que les exploitations maraîchères IP-SUISSE interrogées appliquent déjà différentes mesures préventives et non chimiques, mais que la mise en place d'un système de points permettrait d'encourager davantage et de manière ciblée la mise en œuvre de telles mesures. Les risques liés aux PPh étaient

généralement plus élevés pour les carottes, les oignons, les céleris et les choux que pour les autres cultures. Sur les parcelles où des insecticides du groupe des pyréthroïdes avaient été utilisés à plusieurs reprises, les risques étaient nettement plus élevés. Dans les exploitations qui appliquaient déjà de nombreuses mesures préventives et non chimiques, on n'a pas forcément observé un emploi plus réduit des PPh et un risque plus faible lié à leur utilisation. Un système de points permettrait donc ici aussi de réduire les risques de manière ciblée.

Afin d'obtenir des améliorations dans les trois domaines de mesures, un nombre de points minimum devrait être fixé séparément pour les mesures phytosanitaires préventives/non chimiques et pour la réduction des risques, respectivement un nombre de points maximum pour les risques environnementaux, qui ne devrait pas être dépassé. Pour la mise en place d'un tel système de points dans le cadre d'un programme de label, il est recommandé de procéder par étapes. Tout d'abord, toutes les mesures déjà appliquées devraient être recensées afin de faire l'état des lieux de la protection phytosanitaire dans les exploitations maraîchères, ce qui permettra de fixer des limites de points qui pourront être adaptées au fil du temps.

La protection phytosanitaire dans les cultures maraîchères est très complexe. Grâce au système de points développé ici, les exploitations ont la possibilité de mettre en œuvre les mesures qui conviennent à leur exploitation. L'application, l'enregistrement et le contrôle de toutes les mesures impliquent toutefois une charge administrative et un investissement en temps supplémentaires. Pour que ce surcroît de travail en vaille la peine et qu'assez d'exploitations participent au système de points, les conditions de participation à un programme de label devraient être suffisamment attrayantes (p. ex. accès au marché, primes). Les mesures préventives et non chimiques ne sont pas toujours aussi efficaces que les mesures chimiques. Pour parvenir à une forte réduction de l'utilisation des PPh et des risques qui y sont liés, il serait également souhaitable de repenser et d'adapter les exigences de qualité du commerce ainsi que des consommatrices et consommateurs.

Summary

Point System for Plant Protection in Vegetable Production: Reducing the Use of Plant Protection Products and their Risks through Flexible Incentive Systems

To reduce the use and associated risks of plant-protection products (PPPs) in vegetable production while still producing vegetables of high quality, suitable alternative plant-protection measures are required. A point-based scoring system similar to the established biodiversity point system of IP-SUISSE could be used to create incentives to reduce the use and environmental risks of PPPs and to implement preventive and non-chemical measures. As part of this research project and in exchange with IP-SUISSE, the scientific basis for such a point system was created, which could be used, for example, in future in IP-SUISSE vegetable production. The point system covers the following three areas: (i) preventive and non-chemical plant protection; (ii) environmental risks of PPPs; and (iii) risk-mitigation measures when using PPPs.

For key diseases, insect pests and weeds, *preventive and non-chemical plant-protection measures* were compiled. This included, for example, measures concerning crop rotation, cultivation techniques, field hygiene and mechanical weed control. The aim of these measures is to reduce PPP use. Some of these measures are suitable for all vegetable crops, while others are only suitable for individual ones. Finally, experts from production, extension and research areas judged 29 measures for 13 vegetable crops, assigning them a score from one to eight depending on their efficacy; the higher the number of points, the better the efficacy. Up to two additional points were also awarded for measures that were difficult to implement.

To evaluate the *environmental risks of PPPs*, negative points were calculated for active substances based on risk scores. Potential risks for organisms in surface waters and semi-natural habitats as well as the pollution potential in groundwater were taken into account. For each of these three areas, the active substance with the highest risk was rated with 10 negative points, while the other active substances were awarded fewer points. The negative points of the three areas were then summed into a score for each active substance. In addition, a minimum value of 0.5 negative points per active substance was included, so that a general reduction in PPP applications could be rated rather than just the abandonment of active substances with higher environmental risks.

In addition, possible measures for *risk mitigation* when using PPPs in vegetable production were compiled in order to reduce the risk of PPPs when their use cannot be avoided. This includes e.g. measures against drift and run-off. Both plot-specific as well as general measures were defined. For implementing measures going beyond the minimum legal requirements, 0.5 to 3 points were awarded. Scores were assigned in accordance with the Federal Office for Agriculture (FOAG) directives for measures to reduce the risks associated with PPP use. For risk mitigation, a higher score also means better efficacy. Measures that are particularly difficult to implement in vegetable production were awarded up to two additional points as well.

Farm surveys were used to determine how many positive points for preventive and non-chemical measures and how many negative points for PPP use would be awarded to IP-SUISSE vegetable producers. Risk-mitigation measures were not analysed in the survey, as they were only defined at a later stage. A total of 22 IP-SUISSE vegetable producers took part in the survey, which was conducted between late 2020 and mid 2021. The survey revealed major differences between farms and between different vegetable crops in particular. Overall, it was shown that the surveyed IP-SUISSE vegetable farms were already implementing various preventive and non-chemical measures, but there was still potential for implementing additional measures in a targeted manner with the use of a point system. The risks of PPPs were generally higher for carrots, onions, celery and cabbage than for other crops and were significantly higher on fields where insecticides in the pyrethroid group were repeatedly used. Lower use and lower risk of PPPs were not necessarily observed on farms already implementing several preventive and non-chemical measures; thus, potential exists here also for targeted risk reduction through a point system.

To achieve improvements in all three areas of action, a separate minimum score should be met for preventive/non-chemical plant-protection measures and for risk mitigation, as should a maximum score for environmental risks that must not be exceeded. A step-by-step approach is recommended for implementing such a point system as part of a Quality Label programme. In a first step, all of the measures currently being applied should be recorded in order to determine the status quo of plant-protection on the vegetable farms. Afterwards, these can be used to set point limits which can be adapted over time.

Plant protection in vegetable production is highly complex. Using the point system developed here, farmers can implement the measures that suit their farms. However, both the implementation and the recording and monitoring of all of the measures requires an additional investment of time and administrative effort. To ensure that this additional effort pays off and enough farms participate in the point system, conditions for participation in a Quality Label programme (e.g. via market access or price premiums) should be sufficiently attractive. Preventive and non-chemical measures do not always offer the same efficacy as chemical measures. To achieve a significant reduction in PPP use and in the associated risks, a process in which both trade and consumer quality standards are reviewed and adapted would also be desirable.

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Der Pflanzenschutz im Schweizer Freilandgemüsebau ist anspruchsvoll, denn einerseits sind viele Gemüsekulturen anfällig für Krankheiten und Schädlinge, andererseits bestehen hohe Qualitätsansprüche von Handel und Konsumentinnen und Konsumenten. Daher werden bei den meisten Gemüsekulturen deutlich mehr Pflanzenschutzmittel (PSM) eingesetzt als bei Ackerkulturen. Allerdings kann der Einsatz von PSM auch Risiken in sich bergen. Gelangen PSM in kritischen Konzentrationen in die Umwelt, können sie negative Auswirkungen auf Nicht-Zielorganismen haben und somit letztlich die Biodiversität und Ökosystemleistungen – wie zum Beispiel die Wasserqualität oder die Bestäubung durch Insekten – beeinträchtigen (Guntern et al., 2021). Dabei unterscheiden sich die PSM-Wirkstoffe in ihrer Toxizität und ihrem Emissionspotenzial und haben somit auch ein unterschiedlich hohes Risikopotenzial für z. B. Grundwasserbelastungen, Gewässerorganismen und Bienen (Korkaric et al., 2020).

Es gibt Bestrebungen, negative Umweltauswirkungen durch den Einsatz von PSM zu reduzieren. Die Parlamentarische Initiative 19.475 «Das Risiko beim Einsatz von Pestiziden reduzieren» hat unter anderem zum Ziel, die Risiken von PSM für Oberflächengewässer, naturnahe Lebensräume und Grundwasser bis 2027 um 50 % zu reduzieren gegenüber dem Referenzzeitraum 2012–2015. Teile der Initiative wurden im «Bundesgesetz über die Verminderung der Risiken durch den Einsatz von Pestiziden» umgesetzt. Eine Änderung der Direktzahlungsverordnung soll 2023 in Kraft treten. Diese besagt, dass zukünftig im ökologischen Leitungsnachweis (ÖLN) auf besonders risikoreiche PSM verzichtet werden muss und gewisse Risikoreduktionsmassnahmen obligatorisch werden.

Eine Möglichkeit, die durch PSM-Einsatz verursachten Umweltrisiken zu verringern, ist die Förderung des Schutzes von Kulturen durch nicht-chemische oder vorbeugende Massnahmen. Solche sind jedoch meist mit höheren Kosten und grösseren ökonomischen Risiken verbunden. Label-Programme können hier Anreize schaffen, indem sie den Produzentinnen und Produzenten bessere Preise garantieren, ihnen neue Absatzmärkte erschliessen und gleichzeitig Mindeststandards festlegen, um den Einsatz von PSM und die damit verbundenen Umweltrisiken gezielt zu reduzieren. Neben starren Label-Richtlinien, z. B. einem Verbot von risikoreichen Wirkstoffen, gibt es auch Ansätze für flexible Richtlinien, bei denen Betriebe eine Auswahl von Massnahmen aus einem Katalog umsetzen können, wobei ein Minimum zu erfüllender Massnahmen festgelegt wird. Ein Beispiel hierfür ist das Punktesystem für die Förderung der Biodiversität, welches von Birrer et al. (2014) entwickelt wurde, und seit 2010 im Label von IP-SUISSE implementiert ist. Die Betriebe setzen dabei Massnahmen aus einer Liste um und erhalten dafür eine unterschiedliche Punktzahl. Eine Mindestpunktzahl muss erreicht werden, damit eine Teilnahme am Label-Programm möglich ist. Die zu erreichende Mindestpunktzahl in diesem Programm wurde in den letzten Jahren von anfänglich 12 auf 17 Punkte erhöht. Betriebe, die mehr als die erforderlichen 17 Punkte erreichen, werden finanziell belohnt. Somit erhalten die Betriebe Anreize zur kontinuierlichen Verbesserung und sind gleichzeitig flexibel in der Wahl der Massnahmen.

Auch im Bereich Pflanzenschutz könnte ein Punktesystem flexible Anreize zur PSM-Risikoreduktion schaffen, in dem stattdessen vorbeugende Massnahmen umgesetzt werden und gezielt auf besonders risikoreiche PSM verzichtet wird. Bei der Entwicklung eines Bewertungssystems für den Pflanzenschutz im Gemüsebau gibt es mehrere Herausforderungen. Erstens besteht eine starke Heterogenität im erforderlichen Schutz der Gemüsepflanzen (sowohl durch chemische als auch durch alternative Massnahmen) vor Schädlingen oder Krankheiten, um Ertragseinbussen zu verhindern. Je nach Kultur, Sorte, Region, Jahreszeit und Anbaujahr kann sich der Schadddruck durch Krankheiten, Schädlinge und Unkräuter sehr unterscheiden. Zweitens variiert die Wirksamkeit von vorbeugenden und nicht-chemischen Pflanzenschutzmassnahmen stark; eine gleiche Wirksamkeit wie bei einer chemischen Bekämpfung ist oft nicht gegeben. Drittens unterscheiden sich die unerwünschten Nebenwirkungen von chemischen PSM stark in Abhängigkeit des eingesetzten PSM-Wirkstoffs, des betrachteten Umweltkompartiments und der betriebsspezifischen Eigenschaften (z.B. Anschluss an Gewässer, Nutzung von Anti-Driftdüsen u.ä.). Viertens sind die Qualitätsansprüche an Gemüse sehr hoch und schon kleine Mängel können dazu führen, dass das Gemüse vom Handel nicht abgenommen wird, wodurch ein Totalverlust entsteht, d.h. die ökonomischen Risiken sind im Zusammenhang mit dem Pflanzenschutz hoch. Schliesslich ist die Wahl von chemischen PSM bereits stark reglementiert (z.B. durch die Zulassung von PSM, Anwendungseinschränkungen im ökologischen

Leistungsnachweis (ÖLN), Anforderungen vom Handel bezüglich Rückständen oder Empfehlungen zum Resistenzmanagement).

1.2 Projektziele und -anforderungen

Im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojektes wurden im Auftrag von IP-SUISSE die wissenschaftlichen Grundlagen für ein Punktesystem für den Pflanzenschutz im Gemüsebau entwickelt. Folgende Anforderungen wurden an das Punktesystem gestellt:

- Das Punktesystem soll sowohl die Umsetzung von vorbeugendem, nicht-chemischem Pflanzenschutz und risikomindernden Massnahmen belohnen als auch Grenzen beim Einsatz von besonders risikoreichen PSM setzen.
- Die Einhaltung des Punktesystems soll für Kontrollinstanzen möglichst mess- und kontrollierbar sein.
- Die Bewertungen von Pflanzenschutzmassnahmen in den Bereichen Prävention und nicht-chemische Bekämpfung sowie Reduktion der Emissionen soll kulturspezifisch erfolgen und auf wissenschaftlichen Ergebnissen und Experteneinschätzungen basieren.
- Die Bewertung für die Umweltrisiken des chemischen Pflanzenschutzes im Gemüsebau soll primär risikobasiert erfolgen, wobei Risiken für verschiedene Umweltkompartimente berücksichtigt werden sollen.
- Ein Gesamtpunktesystem für Massnahmen zur Reduktion des chemischen PSM-Einsatzes und der PSM-Emissionen und Umweltrisiken soll entwickelt werden.
- Zudem soll ein Konzept für ein Wirkungsmonitoring erstellt werden, mit dem gezeigt werden kann, ob ein solches Punktesystem tatsächlich zu einer Reduktion von PSM-Einsatz und -Risiken beitragen kann.

1.3 Aufbau der Studie

Diese Studie verfolgt drei verschiedene Massnahmenbereiche, wie Umweltrisiken von PSM reduziert werden können. Erstens kann der Einsatz von PSM verringert werden. Dies ist möglich durch **vorbeugende und nicht-chemische Massnahmen** (z.B. Sortenwahl, Kulturtechnik), d.h. ein Schädlings- bzw. Krankheitsbefall soll verhindert oder verlangsamt werden, so dass keine oder nur wenige PSM-Einsätze nötig sind. Der PSM Einsatz könnte auch durch eine höhere Akzeptanz von Handel und Konsum für eine leicht geminderte Qualität (z.B. Blattläuse auf dem Salat) reduziert werden. Der Aspekt der Akzeptanz wird im Projekt jedoch nicht berücksichtigt, da es sich hierbei um eine Voraussetzung handelt, die im Rahmen des Projektes nicht beeinflusst werden kann. Eine zweite Möglichkeit zur **Reduktion der Umweltrisiken vom chemischen Pflanzenschutz** ist die **Substitution**. Dabei wird ein PSM-Wirkstoff mit einem hohen Risikopotenzial durch einen PSM-Wirkstoff mit einem vergleichsweise niedrigeren Risikopotenzial ersetzt, sofern dieser über eine ausreichende Wirkungsäquivalenz verfügt. Ein dritter Ansatz zur Risikoreduktion ist die **Emissionsminderung durch Risikominderungsmassnahmen (RMM)**. Dabei wird der Eintrag in die Umwelt und die damit verbundene ungewollte Exposition von Nicht-Ziel-Organismen verringert. Die Verringerung der Exposition steht in einem direkten Verhältnis mit der Verringerung des Umweltrisikos. Beispiele für Risikominderung sind verringerte Abdrift durch den Einsatz von Antidrift-Düsen oder verringertes Umwelteintrag durch Punktquellen, z.B. durch Optimierung beim Befüllen und Reinigen der Pflanzenschutzgeräte.

Für jeden der drei Bereiche wurde in einem iterativen Vorgehen ein separates Bewertungssystem entwickelt. Mithilfe einer Umfrage wurden die Bewertungssysteme für vorbeugende und nicht-chemische Massnahmen sowie für die Umweltrisiken vom chemischen Pflanzenschutz an Betrieben ausgetestet und die Punkte pro Bewertungssystem vor Einführung von Massnahmen erfasst (Ist-Zustand). Anschliessend wurde ein Konzept erstellt, wie die drei Bewertungssysteme in ein Punktesystem PSM für Gemüsebetriebe umgesetzt werden können.

2 Methoden

2.1 Vorbeugende und nicht-chemische Massnahmen

Dieser Teil beinhaltet Massnahmen, die zu einer Reduktion des Einsatzes chemischer PSM führen sollen. Dabei wurden vorbeugende und nicht-chemische Pflanzenschutzmassnahmen analysiert und bewertet. In einem ersten Schritt wurden die relevanten Kulturen und deren wichtigste Schaderreger definiert (Anhang Tabelle A. 1) und anschliessend vorbeugende und nicht-chemische Pflanzenschutzmassnahmen für diese Schaderreger in einem provisorischen Massnahmenkatalog gesammelt. In einem mehrstufigen Verfahren wurden diese Massnahmen anschliessend bewertet, wobei einzelne Massnahmen schliesslich wieder aus dem Katalog entfernt wurden (Anhang Tabelle A. 2 und Tabelle A. 3). Das Vorgehen ist in Abbildung 1 dargestellt. Die Bewertung erfolgte getrennt für Massnahmen für Verarbeitungsgemüse, für Massnahmen für Frisch- und Lagergemüse und für kulturunspezifische Massnahmen (d.h. Massnahmen, die auf allen Kulturen angewendet werden können). Die einzelnen Schritte werden im Folgenden näher beschrieben.

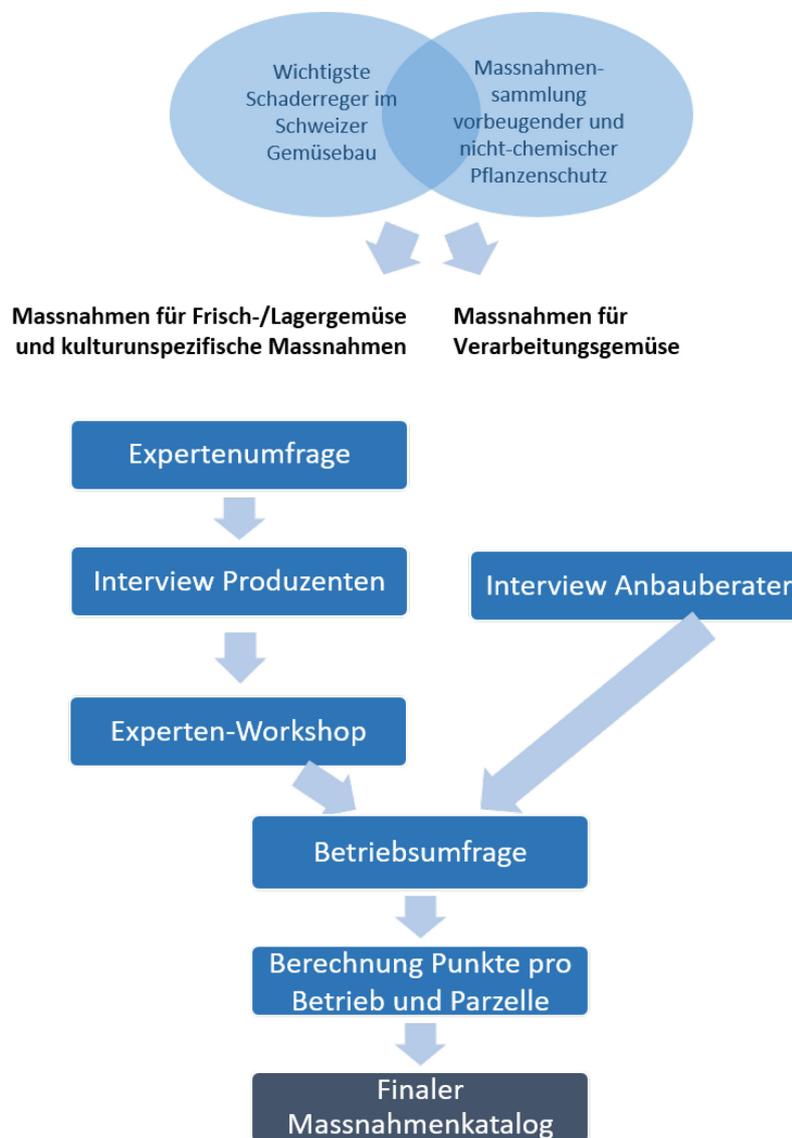


Abbildung 1: Prozess zur Erstellung des Massnahmenkatalogs und der Bewertung von vorbeugenden und nicht-chemischen Massnahmen. Mit jedem Schritt erfolgte eine Anpassung, Bewertung und/oder Festlegung der Punkte pro Massnahme.

2.1.1 Ermittlung relevanter Kulturen und Schaderreger im Schweizer Gemüsebau

Einige Massnahmen gelten für den gesamten Gemüseanbau, andere hingegen nur für einzelne Kulturen.

Für kulturspezifische Massnahmen wurden im Rahmen dieses Projekts Gemüsekulturen ausgewählt, die in den Jahren 2020 und 2021 Bestandteil des IP-SUISSE-Sortiments waren. Für Frisch- und Lagergemüse waren dies Karotten, Knollensellerie, Kopfkohl, Kürbis, Zucchetti, Randen, Tomaten (im Tunnel), Zuckermais, Zwiebeln und Lauch. Beim Verarbeitungsgemüse wurden Bohnen, Erbsen und Spinat berücksichtigt.

Anhand von Literaturrecherchen und Befragungen der Experten der Forschungsgruppe Extension Gemüsebau von Agroscope wurden die wichtigsten Krankheiten und Schädlinge für diese Gemüsearten ermittelt und ihr quantitatives und qualitatives Schadpotenzial beurteilt (Anhang Tabelle A. 1), um zu eruieren, wo die grössten Herausforderungen beim Pflanzenschutz bestehen. Für das weitere Vorgehen wurden nur Schaderreger berücksichtigt, gegen die chemische PSM zugelassen sind; denn nur bei solchen kann eine Reduktion des Einsatzes von PSM erzielt werden.

2.1.2 Sammlung vorbeugender und nicht-chemischer Massnahmen

Aufgrund von Forschungsergebnissen und praxisorientierten Publikationen sowie Einschätzungen der Experten der Forschungsgruppe Extension Gemüsebau von Agroscope wurden mögliche vorbeugende und nicht-chemische Massnahmen gesammelt, die potenziell zu einem geringeren Einsatz von chemischen PSM führen können. Unter chemischen PSM wurden hier alle als PSM zugelassene Produkte mit einer direkten chemischen Wirkungsweise betrachtet, unabhängig ob sie natürlichen oder synthetischen Ursprungs sind, jedoch keine als PSM zugelassene Organismen, Viren oder Pheromone. Massnahmen, welche einen Teilverzicht von chemischen PSM beinhalten, wurden im Bereich Umweltrisiken von PSM berücksichtigt. Nicht-chemische Massnahmen umfassten auch zugelassene PSM, die aus lebenden Organismen, Viren oder Pheromonen bestehen. Anschliessend wurden von dieser ersten Zusammenstellung Massnahmen gestrichen, die gegen die wichtigsten identifizierten Hauptschaderreger (Anhang Tabelle A. 1) nicht wirksam waren oder in den ausgewählten Gemüsekulturen nicht anwendbar sind. Weiter wurden solche Massnahmen ausgeschlossen, bei welchen die Messbarkeit fehlt (z.B. windoffene Lage, Standorte mit Vorverunkrautung). Es resultierten 43 potenzielle, zu beurteilende Massnahmen. Weitere Massnahmen, welche nicht beurteilt wurden, sind im Anhang in Tabelle A. 3 zu finden.

2.1.3 Bewertung und Festlegung der Punkte pro Massnahme

2.1.3.1 Frisch- und Lagergemüse

Da bisher publizierte Studien die Wirksamkeit von Massnahmen teils sehr unterschiedlich bewerteten, und es für viele Massnahmen nur ungenügende Praxisberichte gab, erfolgte die Bewertung der Massnahmen durch verschiedene Experten.

In einem ersten Schritt wurde eine **Expertenumfrage** durchgeführt. Dazu wurde ein Fragebogen an insgesamt 24 Fachpersonen geschickt (13 Personen aus der Beratung bei kantonalen Fachstellen für Gemüsebau, eine Person vom Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), eine Person von der Schweizerischen Zentralstelle für Gemüsebau und Spezialkulturen (SZG), ein Gemüseproduzent und sechs Personen der Forschungsgruppe Extension Gemüsebau von Agroscope). Die Expertenumfrage enthielt zu den 43 potenziellen Massnahmen noch 113 Fragen, in denen jeweils die Wirksamkeit, die Umsetzbarkeit und das Risiko von negativen Nebeneffekten (z.B. negative Auswirkungen auf Nicht-Zielorganismen, auf Nützlinge, auf die Bodenstruktur, auf Bodenlebewesen, die Gefahr der Förderung von Erosion oder anderen Schaderregern) abgefragt wurden. Da die Massnahmen kulturspezifisch bewertet wurden und zudem auch Fragen zur genaueren Anwendung (z.B. Zeitpunkt oder Häufigkeit der Massnahme) gestellt wurden, überstieg die Anzahl der Fragen diejenige der Massnahmen. Die drei Kriterien Wirksamkeit, Umsetzbarkeit und negative Nebeneffekte wurden mithilfe einer fünfstufigen Skala bewertet (sehr gering, gering, mittel, hoch und sehr hoch). Darüber hinaus erhielten die Experten die Möglichkeit, zu allen Massnahmen Kommentare anzubringen und weitere Massnahmen vorzuschlagen. Für die Erstellung der Expertenumfrage wurde das online Tool Questionstar (www.questionstar.de) verwendet und ein Link zur Teilnahme per E-Mail an das Expertengremium gesendet. Die Umfrage wurde in deutscher Sprache erstellt und ins

Französische übersetzt. Die Teilnehmenden konnten somit eine der beiden Sprachen für die Beantwortung auswählen.

Zur Auswertung der Expertenumfrage wurden die gewichteten Mittelwerte und Standardabweichungen berechnet. Dazu wurden Bewertungskriterien in Punkte von eins bis fünf übersetzt. Das heisst, für Wirksamkeit und Umsetzbarkeit wurde für die Bewertung «sehr gering» ein Punkt vergeben, für «sehr hoch» 5 Punkte. Für das Risiko von negativen Nebeneffekten war die Skala entgegengesetzt, somit wurde «sehr hoch» mit einem Punkt bewertet, «sehr gering» mit 5 Punkten.

Die Ergebnisse der Expertenumfrage wurden anschliessend mittels telefonischem **Interview mit zwei Gemüseproduzenten**, die Erfahrung mit verschiedenen vorbeugenden und nicht-chemischen Massnahmen haben, diskutiert. Die Bewertung und die Auswahl der Massnahmen wurden daraufhin entsprechend angepasst.

Anschliessend wurde für jede Massnahme aufgrund der drei Bewertungskriterien Wirksamkeit, Umsetzbarkeit und Risiko für negative Nebeneffekte eine **Punktzahl berechnet**. Es wurden drei verschiedene Bewertungsschemen getestet, um zu sehen, wie sich eine unterschiedliche Gewichtung der Kriterien auf die Punktzahl pro Massnahme auswirkt. Dabei wurden Wirksamkeit, Umsetzbarkeit und Risiko für negative Nebeneffekte wie folgt berechnet:

Formel 1: $\text{Punktzahl} = \text{Wirkung} \times \text{Umsetzbarkeit} \times \text{Risiko für Nebeneffekte}$

Formel 2: $\text{Punktzahl} = \text{Wirkung} + \text{Umsetzbarkeit} + \text{Risiko für Nebeneffekte}$

Formel 3: $\text{Punktzahl} = 2 \times \text{Wirkung} + \text{Umsetzbarkeit} + \text{Risiko für Nebeneffekte}$

Die unterschiedliche Gewichtung führte zwar zu einer Veränderung der einzelnen Punkte pro Massnahme; es zeigte sich aber auch, dass unabhängig vom gewählten Bewertungsschema stets in etwa dieselben Massnahmen am besten bzw. schlechtesten abschnitten.

In einem nächsten Schritt wurde ein **Experten-Workshop** durchgeführt, an dem die Berechnungsmethode für die Punkte, die Auswahl der Massnahmen fürs Punktesystem sowie die Bewertung von Massnahmen diskutiert wurden. Der Workshop wurde online durchgeführt. Es nahmen neun Personen daran teil, darunter vier Berater der kantonalen Fachstellen, ein Vertreter des FiBL und ein Produzent, zwei Personen der Forschungsgruppe Extension Gemüsebau von Agroscope und eine Person von IP-SUISSE (siehe Kapitel 8.1.4). Alle am Workshop beteiligten Personen, mit Ausnahme der Vertreterin von IP-SUISSE, hatten zuvor auch an der Expertenumfrage teilgenommen.

Nachdem die drei Optionen zur Berechnung der Punktzahl am Workshop besprochen wurden, wurden alle Optionen verworfen, da Massnahmen mit einem hohen Risiko für negative Nebeneffekte (durchschnittliche Bewertung < 2.5) ganz aus dem Katalog ausgeschlossen wurden. Stattdessen wurde eine vierte Option entwickelt und für die übrigen Massnahmen die Punkte nur anhand von Wirksamkeit und Umsetzbarkeit vergeben. Zudem wurde entschieden, dass die Wirkung stärker gewichtet werden soll als die Umsetzbarkeit. Gleichzeitig stellte sich die Frage, welche Spannweite der Punkte praktikabel wäre. Eine Skala von 1 bis 10 Punkte pro Massnahme wurde gewählt, da diese Bewertung eine ausreichende Abstufung der Massnahmen bietet. Aufgeteilt wurde die Gesamtpunktzahl in 1 – 8 Punkte für die Wirksamkeit plus 0 – 2 Punkte für die Umsetzbarkeit. Die Punkte für die verschiedenen Massnahmen wurden schlussendlich wie folgt festgelegt:

Formel 4: $\text{Punktzahl} = \text{Punkte Wirksamkeit} + \text{Zusatzpunkte schwierige Umsetzung}$

Für die neue Skala wurde für die Massnahme, deren Wirksamkeit in der Expertenumfrage im Durchschnitt am tiefsten bewertet wurde (d.h. 2,1) 1 Punkt vergeben und die Massnahme mit der höchsten Wirksamkeit (d.h. 4,8) erhielt 8 Punkte. Die Bewertung der Wirksamkeit aus der Expertenumfrage wurde also wie folgt in eine Punktzahl von 1 bis 8 übersetzt:

Formel 5: $\text{Punkte Wirksamkeit} = \frac{(\text{Bewertung Wirksamkeit} - 2,1) * (8 - 1)}{(4,8 - 2,1)} + 1$

Im Workshop wurden die neu festgelegten Punkte für die Wirksamkeit überprüft und gegebenenfalls angepasst. Zudem wurden die Zusatzpunkte für eine schwierige Umsetzbarkeit vergeben.

Des Weiteren wurden die einzelnen Massnahmen überarbeitet und auf ihre Eignung für ein Punktesystem geprüft. Dabei wurden wenige Massnahmen vorerst zurückgestellt, da ihre Wirkung oder ihre Umsetzbarkeit auf dem aktuellen Stand der Technik als zu gering eingestuft wurde (Anhang Tabelle A. 2). Andere Massnahmen wurden als nicht praxistauglich beurteilt und wurden entsprechend von der Liste gestrichen (Anhang Tabelle A. 3).

2.1.3.2 Verarbeitungsgemüse

Für Verarbeitungsgemüse (Bohnen, Erbsen und Spinat) wurden Massnahmen in Zusammenarbeit mit zwei Anbauberatern der Verarbeitungsfirmen bewertet und die Punktzahl festgelegt. Dieser Ansatz wurde gewählt, da die Anbauberater einerseits einen guten Einblick in die Betriebe haben und andererseits die Anforderungen der verarbeitenden Industrie an das Ernteprodukt kennen. Die Festlegung der Punkte erfolgte analog zum Frisch- und Lagergemüse. D.h. in Absprache mit den Anbauberatern wurden maximal 8 Punkte für die Wirksamkeit vergeben und maximal zwei Zusatzpunkte für schwierige Umsetzbarkeit. Massnahmen, welche ein hohes Risiko für negative Nebeneffekte aufwiesen, wurden wie auch beim Frisch- und Lagergemüse nicht in den Massnahmenkatalog aufgenommen.

2.1.4 Finalisierung des Massnahmenkatalogs

Die letzte Überarbeitung des Massnahmenkatalogs für vorbeugende und nicht-chemische Massnahmen (für Frisch- und Lagergemüse einerseits und Verarbeitungsgemüse andererseits) wurde nach der Erhebung und Auswertung der Betriebsdaten (siehe Kapitel 2.4) vorgenommen. Die zuvor festgelegten Punkte wurden dabei nur geringfügig angepasst. Vielmehr wurde ersichtlich, dass es für einige Massnahmen eine nähere Definition benötigt. Zudem wurden einige wenige Massnahmen in zwei Massnahmen aufgeteilt oder zwei Massnahmen zu einer zusammengefasst.

2.1.5 Berechnung Punkte pro Parzelle

Die Bewertung für vorbeugende und nicht-chemische Massnahmen erfolgt schliesslich auf der Ebene einer Parzelle. Werden mehrere Massnahmen auf einer Parzelle umgesetzt, summieren sich die Punkte der Massnahmen. Für Massnahmen, die nur auf einem Teil der Parzelle durchgeführt werden, wird der entsprechende Anteil an Punkten berechnet. Die Mindestpunktzahl für jede Kultur soll pro Parzelle erreicht werden. Im Rahmen vom Label-Anbau sollen nur die Parzellen, auf denen das Label-Gemüse angebaut wird, berücksichtigt werden.

2.2 Umweltrisiken chemischer Pflanzenschutz

2.2.1 Bewertungsgrundlage

Weltweit sind bereits eine Vielzahl unterschiedlicher Methoden zur Bewertung von Umweltrisiken des chemischen Pflanzenschutzes entwickelt worden. Sie unterscheiden sich beispielsweise in ihrem generellen Bewertungsansatz (z.B. gefahren- oder risikobasiert), sowie bezüglich der Auswahl der berücksichtigten Umweltkompartimente und Emissionspfade (Labite et al., 2011). Für die Entwicklung eines Punktesystems in der Schweiz wurden zwei Aspekte als besonders wichtig erachtet: erstens eine hohe Praxistauglichkeit durch ein nachvollziehbares und einfach anzuwendendes Punktesystem; zweitens eine möglichst hohe Kohärenz zu bestehenden agrarpolitischen Instrumenten in der Schweiz. Aus diesen Gründen wurde das Punktesystem auf Arbeiten zu Risikoindikatoren aufgebaut, welche von Agroscope zur Überprüfung des sogenannten «Absenkpfad» (Bundesgesetz über die Verminderung der Risiken durch den Einsatz von Pestiziden) entwickelt wurden (Korkaric et al., 2022).

Ein integraler Teil der Risikoindikatoren sind die sogenannten Risikoscores (für Details siehe Korkaric et al. (in Vorbereitung) und Korkaric et al. (2022)), die hier für das PSM-Punktesystem als Grundlage verwendet wurden. Es existieren drei Risikoscores für jeden chemischen PSM-Wirkstoff. Die Risikoscores erfassen jeweils das potenzielle Risiko für Lebewesen in Oberflächengewässern, in terrestrischen naturnahen Lebensräumen, sowie das Belastungspotenzial des Grundwassers durch Metaboliten (d.h. Abbauprodukte der Wirkstoffe) in normierten

Anwendungsszenarien. Sie berücksichtigen einerseits, dass Wirkstoffe aufgrund ihrer unterschiedlichen umweltchemischen Eigenschaften in unterschiedlichen Mengen in die verschiedenen Umweltkompartimente gelangen (Korkaric et al., 2022). Andererseits wurden bei den Oberflächengewässern und naturnahen Lebensräumen die Ökotoxizität der Wirkstoffe berücksichtigt. Hierfür wurden Daten aus standardisierten Labortests mit verschiedenen Artengruppen herangezogen. Die Risikoscores beziehen sich auf eine einmalige Anwendung mit einer durchschnittlichen Aufwandmenge des Wirkstoffs, ohne Berücksichtigung von RMM. Während bei den Risikoindikatoren die Wirkung von RMM in einem zusätzlichen «Expositionsfaktor» berücksichtigt wird (Korkaric et al. 2022), wurde im Punktesystem die Wirkung von RMM in einem separaten Teil bewertet (siehe Kapitel 2.3). Zum Zeitpunkt der Arbeiten für das Punktesystem waren die definitiven Risikoscores noch nicht verfügbar, daher können sich eventuell noch leichte Verschiebungen der Punkte ergeben.

2.2.2 Normierung, Aggregation und Skalierung zu Negativpunkten

Damit das Punktesystem einfacher anwendbar ist, wurde eine Gesamtpunktzahl pro Wirkstoff berechnet, anstatt die Wirkstoffe getrennt für jedes der drei Umweltkompartimente zu bewerten. Dabei wurden die drei Umweltkompartimente gleich gewichtet. Dies erforderte eine vorgängige Normierung, da sich die absoluten Werte der Risikoscores für die einzelnen Umweltkompartimente stark unterscheiden (Abbildung 2).

Für jedes Umweltkompartiment k und jeden Wirkstoff i wurden die Risikoscores (RS) zunächst normiert (RS_{norm}), indem sie direkt proportional ins Verhältnis zum jeweils höchsten Risikoscore (RS_{max}) gesetzt wurden, der einen Wert von 10 erhielt (Formel 6). Für das Anwendungsbeispiel Gemüsebau wurde darauf geachtet, dass der jeweilige Wirkstoff mit dem höchsten Risikoscore auch im Gemüsebau zugelassen ist (Stand Januar 2021).

Formel 6 (Normierung):

$$RS_{norm,i,k} = \frac{RS_{i,k} \times 10}{RS_{max,k}}$$

Anschliessend wurden pro Wirkstoff die normierten Risikoscores der drei Umweltkompartimente Oberflächengewässer (OW), naturnahe Lebensräume (NL) und Grundwasser (GW) zu «Negativpunkten» (NP) aufaddiert (Formel 7).

Formel 7 (Aggregation):

$$NP_i = RS_{norm,i}(OW) + RS_{norm,i}(NL) + RS_{norm,i}(GW)$$

Da das Punktesystem laut Projektauftrag nicht nur zu einer Reduktion der Umweltrisiken, sondern auch zu einer Reduktion der PSM-Anwendungen führen sollte, wurde eine Mindestpunktzahl pro Wirkstoff festgelegt. Damit sollte ein Anreiz geschaffen werden, um generell PSM-Anwendungen zu reduzieren. Zudem werden damit gemäss dem Vorsorgeprinzip Unsicherheiten bezüglich (noch) unbekannter Umweltrisiken berücksichtigt. Die Negativpunkte NP_i wurden daher skaliert auf einen Wert $NP_{skal,i}$, welcher zwischen dem Minimalwert ($NP_{min-limit}$) und dem unveränderten Maximalwert (NP_{max}) liegt (siehe Formel 8). Das heisst, der Wirkstoff mit den geringsten Negativpunkten (NP_{min}) erhielt eine Mindestpunktzahl ($NP_{min-limit}$), der Wirkstoff mit den höchsten Punkten blieb unverändert bei NP_{max} , die dazwischenliegenden Werte NP_i wurden entsprechend skaliert. In diesem Auswertungsbeispiel wurde ein Mindestwert von 0,5 gewählt. Damit kann ein ausreichender Abstand zum Maximalwert erhalten werden. Die Untergrenze könnte aber je nach gewünschtem Schwerpunkt auch angepasst werden.

Formel 8 (Skalierung):

$$NP_{skal,i} = (NP_{max} - NP_{min-limit}) \times \frac{NP_i - NP_{min}}{NP_{max} - NP_{min}} + NP_{min-limit}$$

2.2.3 Berechnung Negativpunkte für Spritzfolgen in Gemüsekulturen

Um eine Bewertung der Risiken einer Gemüsekultur zu erhalten, wurden die Negativpunkte für die verschiedenen Wirkstoffe n , welche während der Anbausaison auf einer Kultur appliziert wurden (eine sogenannte Spritzfolge), aufsummiert. In einem ersten Schritt wurden aus den Angaben in den Spritzplänen die Wirkstoff-Aufwandmengen (in g Wirkstoff/ha) berechnet. Diese berechneten sich aus den angegebenen Produkt-Aufwandmengen (in kg/ha oder l/ha) und den im Pflanzenschutzmittelverzeichnis angegebenen Wirkstoffgehalten (in % oder in g/l) der PSM-

Produkte. In einem zweiten Schritt wurden die Negativpunkte pro applizierte Wirkstoffmenge berechnet. Dabei wurden die Negativpunkte NP_{skal} auf eine Applikationsmenge von 1 g/ha umgerechnet und anschliessend mit der tatsächlichen Aufwandmenge des Wirkstoffs (AR_i) multipliziert. Dies war notwendig, da die den Negativpunkten (NP_{skal}) zugrundeliegenden Risikoscores auf einer für den Wirkstoff spezifischen mittleren Referenz-Aufwandmenge (AR_{ref}) basieren. Im letzten Schritt wurden alle so korrigierten Negativpunkte für alle applizierten Wirkstoffe n in einer Spritzfolge aufsummiert (Formel 9), um eine Gesamtpunktzahl für eine Gemüsekultur (NP_{Kultur}) zu erhalten.

Formel 9 (Punkteberechnung pro Kultur):

$$NP_{Kultur} = \sum_i^n AR_i * \frac{NP_{skal,i}}{AR_{ref,i}}$$

Auch in Gilgen et al. (2022) wurden Risikoscores in Punkte überführt, um Optionen für indikatorbasierte Direktzahlungen im Agrarumweltbereich zu prüfen. Der Wirkstoff mit den höchsten Risikoscores pro Umweltkompartiment wurde hier ebenfalls auf 10 Punkte normiert. Anders als in Gilgen et al. (2022) wurde in der vorliegenden Studie aber eine Untergrenze von 0,5 festgelegt (siehe oben) und die Punkte wurden pro Kultur und nicht pro Betrieb berechnet. Zudem wurde hier nicht mit der Wurzel der Risikoscores gerechnet, damit sich die Negativpunkte bei einer Reduzierung der tatsächlichen Aufwandmenge direkt proportional zur tatsächlichen Aufwandmenge verringern.

2.3 Risikominderungsmassnahmen chemischer Pflanzenschutz

2.3.1 Sammlung und Bewertung von RMM

Anhand von Literaturrecherchen wurde eine Liste mit Risikominderungsmassnahmen (RMM) zusammengestellt, die die Emissionen von PSM in die Umwelt senken. Bei den Eintragspfaden in die Umwelt wurden sowohl diffuse Quellen (z.B. Drift, Run-off) als auch Punktquellen (z.B. Befüllen und Reinigen der Pflanzenschutzspritze, Lagerung von PSM, etc.) berücksichtigt. Für diffuse Quellen zielen die Massnahmen nicht primär auf eine Reduktion der ausgebrachten PSM-Menge, sondern darauf ab, dass die ausgebrachten Mittel auf der Zielfläche verbleiben und Einträge in die Umwelt verringert werden. Massnahmen, welche primär die eingesetzte PSM-Menge senken, und dadurch die Emissionen reduzieren, wurden bereits bei den vorbeugenden und nicht-chemischen Massnahmen aufgeführt und daher an dieser Stelle nicht mehr berücksichtigt.

Die Festlegung der Punkte für die Massnahmen orientierte sich an der Bewertung in der Literatur und an den Weisungen des Bundesamts für Landwirtschaft (BLW) betreffend Massnahmen zur Reduktion der Risiken bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (Bundesamt für Landwirtschaft, 2020). Für RMM, die in den BLW-Weisungen enthalten sind, wurden die dort festgelegten Punktzahlen übernommen (d.h. 0,5 bis 3 Punkte). Ebenfalls wurden für Massnahmen, die im Gemüsebau besonders schwierig umzusetzen sind, bis zu zwei zusätzliche Punkte vergeben. Der theoretisch mögliche Punktebereich für Risikominderungsmassnahmen lag deshalb zwischen 0,5 und 5 Punkten und nicht zwischen 1 und 10 wie bei den vorbeugenden und nicht-chemischen Massnahmen. Da die Punkte bezüglich RMM und vorbeugenden/nicht-chemischen Massnahmen nicht miteinander verrechnet werden (siehe Kapitel 2.5), ist die absolute Höhe der Punkte jedoch nicht entscheidend.

2.3.2 Gesamtbetriebliche Berechnung der RMM

Die selektierten RMM werden entweder auf dem Feld oder auf dem Betrieb angewendet. Bei den Massnahmen im Feld gibt es solche, die unabhängig vom Standort wirken (allgemeingültig) und solche, deren Wirksamkeit von der Fläche abhängt (parzellenspezifisch). Bei letzteren spielen insbesondere die Hangneigung der Parzelle und der Abstand zu Gewässern und Strassen eine Rolle. Parzellenspezifische Massnahmen sollten dort auf dem Betrieb ergriffen werden, wo sie am wirksamsten sind. Das heisst, es ist auch möglich, dass Punkte für Massnahmen angerechnet werden, welche nicht auf den Parzellen mit Label-Gemüse durchgeführt werden, sondern auf anderen mit PSM behandelten Flächen des Betriebs, welche aufgrund der Topographie besonders anfällig für PSM-Austräge sind. Allgemeingültige RMM (z.B. abdriftmindernde Düsen) sollen auf der Parzelle angewendet werden, auf der die Gemüsekultur für das Label produziert wird. Weiter gibt es gesamtbetriebliche Massnahmen, die für alle PSM-Anwendungen auf dem Betrieb umgesetzt werden, wie z.B. Massnahmen betreffend Wasch- und Befüllplatz).

Schliesslich werden die Punkte für die verschiedenen Massnahmen (allgemeingültige, parzellenspezifische, gesamtbetriebliche) aufsummiert, um eine Punktzahl pro Betrieb zu erhalten.

2.4 Betriebsumfrage und Punkteberechnung Ist-Zustand

2.4.1 Hintergrund

Mittels einer Betriebsumfrage wurde die aktuelle Situation hinsichtlich Pflanzenschutz im Gemüsebau auf den IP-SUISSE-Betrieben erfasst. Ziel war es, mit den erhobenen Daten die Punkteberechnung zu testen, eine erste Punkteberechnung für den Ist-Zustand durchzuführen und Möglichkeiten zur Festlegung von Punktegrenzen (d.h. Minimalanforderungen für vorbeugende/nicht-chemische Massnahmen und maximal zulässige Anzahl an Negativpunkten) zu prüfen.

2.4.2 Vorgehen

Die Datenerhebung erfolgte getrennt für Frisch- und Lagergemüse und Verarbeitungsgemüse. Für Frisch- und Lagergemüse wurde im Dezember 2020 eine Umfrage an alle Betriebsleitenden (n=51) verschickt, welche für IP-SUISSE Gemüse produzierten. Nach Ablauf einer ersten Frist wurde eine Erinnerung an die Betriebe versandt und in einzelnen Fällen telefonisch nachgefragt, um die Teilnahme gezielt zu erhöhen. Damit sollten möglichst alle für das Projekt relevanten Gemüsekulturen und -anbauregionen erfasst werden. Einige Kulturen wie Zwiebeln und Karotten wurden im Jahr 2020 von mehreren Betrieben angebaut, andere Kulturen wie z.B. Randen, Zuckermais nur von einzelnen. Letztere Kulturen sollten mit mindestens einem Datensatz erfasst werden. Für Zwiebeln und Karotten sollten mehrere Datensätze erfasst werden, um die Variabilität des praktizierten Pflanzenschutzes abbilden zu können.

Für Verarbeitungsgemüse fand die Datenerhebung im Juli und August 2021 statt, da es erst seit 2021 IP-SUISSE-Produzenten für diese Kulturen gab. Das Vorgehen erfolgte analog zur Datenerhebung für Frisch- und Lagergemüse. Die Umfrage für Verarbeitungsgemüse wurde an 86 Betriebe versandt.

2.4.3 Datenerhebung

Für die Datenerhebung wurde ein Fragebogen in Excel vorbereitet. Darin wurden allgemeine Angaben zum Betrieb, zur angebauten Kultur, zum chemischen Pflanzenschutz und zu den vorbeugenden und nicht-chemischen Pflanzenschutzmassnahmen erfragt (siehe Tabelle A. 5). Zusätzlich wurden Informationen zur Applikationstechnik erhoben. Da das Vorgehen im Projekt iterativ war und erst nach der Betriebsumfrage entschieden wurde, ein separates Punktesystem für RMM zu entwickeln, wurden ausser der Applikationstechnik keine weiteren Massnahmen im Bereich der Risikominderung abgefragt. Des Weiteren wurde ermittelt, ob die Betriebe Entscheidungshilfen (d.h. Prognosemodelle und Schädlingsmonitoring) und Beratung in Anspruch nehmen.

Manche Angaben mussten als Freitext eingegeben werden, für andere stand eine Auswahlmöglichkeit zur Verfügung. Einige Antworten, wie etwa die Fahrgeschwindigkeit bei der PSM-Applikation, waren optional. Die Betriebe hatten ausserdem die Möglichkeit, allgemeine Kommentare zum Fragebogen sowie spezifische Kommentare zu den einzelnen Fragen zu erfassen.

2.4.4 Berechnung Punkte vorbeugende und nicht-chemische Massnahmen

Pro Parzelle wurden die Punkte aller umgesetzten vorbeugenden und nicht-chemischen Massnahmen aufsummiert. Zuerst wurden aufgrund der in der Betriebsumfrage erfassten Massnahmen die Punkte provisorisch berechnet. Aufgrund dieser Berechnung erfolgten noch leichte Anpassungen im Massnahmenkatalog und in der Punktevergabe für die einzelnen Massnahmen. Nach der definitiven Festlegung des Massnahmenkatalogs und der Punkte für die Massnahmen wurden die Punkte für die Daten aus der Betriebsumfrage ein zweites Mal berechnet. In den Resultaten (Kapitel 3.4) sind diese definitiven Berechnungen dargestellt.

2.4.5 Berechnung Negativpunkte Umweltrisiken PSM

Die erhaltenen Feldkalender aus der Umfrage wurden zunächst bereinigt, so dass nur noch PSM-Anwendungen enthalten waren. Hierfür wurden z.B. Anwendungen von Dünger oder Pflanzenstärkungsmitteln ausgeschlossen. In einem zweiten Schritt wurden alle in den PSM-Produkten enthaltenen PSM-Wirkstoffe bestimmt und, basierend auf angegebenen realen Aufwandmengen und den Wirkstoffgehalten im Produkt, die Aufwandmengen der Wirkstoffe (g/ha) ermittelt. Anschliessend wurden die Negativpunkte pro Aufwandmenge des Wirkstoffs berechnet (siehe Kapitel 2.2.2) und alle Negativpunkte eines Spritzplans (d.h. alle PSM, die auf einem Schlag, also einer zusammenhängenden Fläche mit einer Gemüsekultur mit demselben Anbauzeitpunkt, appliziert wurden) aufsummiert. Die Angaben zum Einsatz von Molluskiziden waren zu ungenau (z.B. «Molluskizid wurde am Rand gestreut») und eigneten sich daher nicht für eine Berechnung der Einsatzmenge pro Hektar. Sie wurden daher von der Bewertung ausgenommen. Für Beizmittel wurden ebenfalls keine Parameter erhoben, die eine Bestimmung der Wirkstoffmenge pro Hektar erlaubten.

2.4.6 Vergleichsdaten

Um die erhobenen Daten aus der Betriebsumfrage mit anderen Spritzplänen vergleichen zu können, wurden zusätzlich Spritzfolgen aus dem Datensatz der Zentralen Auswertung von Agrarumweltindikatoren (ZA-AUI; de Baan et al. 2020) für die Jahre 2019 und 2020 für die jeweiligen Kulturen beigezogen. Da keine vergleichbaren Daten zu vorbeugenden und nicht-chemischen Massnahmen vorlagen, konnte ein Vergleich nur für die Umweltrisiken der PSM gemacht werden. Für Zucchetti und Randen lagen keine ZA-AUI-Daten für den Zeitraum vor. Zur Vereinfachung wurden Kulturen, welche im ZA-AUI-Datensatz getrennt erfasst werden, zusammengefasst, z.B. wurden «Karotten, Verarbeitungs-, mittlerer Ertrag», «Karotten, Lager-, hoher Ertrag», «Karotten, Lager-, mittlerer Ertrag», «Karotten Pariser», «Karotten, Verarbeitungs-, hoher Ertrag» zu «Karotten» zusammengefasst. Anschliessend wurden die Daten aus der ZA-AUI mit dem Ansatz des PSM-Punktesystems bewertet, d.h. es wurden die aufsummierten Negativpunkte für einen Spritzplan (d.h. für alle PSM-Anwendungen auf einem Satz einer Kultur auf einem Schlag) berechnet (Ergebnisse siehe Kapitel 3.4.3).

2.4.7 Behandlungsindex

Um die Intensität des PSM-Einsatzes zu quantifizieren, wurde mit den Daten aus der Betriebsumfrage ein Behandlungsindex berechnet. Der Behandlungsindex gibt die Anzahl der angewandten PSM bezogen auf die zugelassene Aufwandmenge wieder. Zur Berechnung des Behandlungsindexes wurde für jede Produkt-Applikation (n) zuerst die ausgebrachte Aufwandmenge durch die zugelassene Aufwandmenge des Produkts geteilt und diese Werte dann über alle Applikationen auf einer Kultur aufsummiert. Ebenfalls berücksichtigt wurde der Anteil der behandelten Fläche der angebauten Kultur.

$$\text{Formel 10: } \text{Behandlungsindex} = \sum_1^n \left(\frac{\text{tatsächliche Aufwandmenge Produkt}}{\text{zugelassene Aufwandmenge Produkt}} \times \frac{\text{behandelte Fläche}}{\text{Gesamtfläche}} \right)$$

2.5 Entwicklung Gesamtpunktesystem

Das Gesamtpunktesystem soll Anreize schaffen, um präventive und nicht-chemische Massnahmen zu ergreifen, möglichst wenig risikoreiche PSM einzusetzen und beim Einsatz von chemischen PSM Massnahmen zur Risikoreduktion umzusetzen.

Für die Zusammenführung der Punkte aus den drei einzelnen Bereichen in ein Gesamtpunktesystem wurden drei Möglichkeiten geprüft. Erstens, die Berechnung einer Gesamtpunktzahl pro Parzelle, die sowohl die Punkte für vorbeugende, nicht-chemische und risikomindernde Massnahmen als auch die Negativpunkte für die Umweltrisiken von PSM enthält. Zweitens, die Berechnung von separaten Punktzahlen pro Parzelle für jeden der drei

Bewertungsbereiche, wobei eine Mindestpunktzahl bei den vorbeugenden/nicht-chemischen Massnahmen und bei den RMM erreicht und eine Obergrenze für die Negativpunkte eingehalten werden muss. Die dritte Möglichkeit ist eine Mischform, sodass in einem definierten Bereich die Punkte von vorbeugenden/nicht-chemischen Massnahmen mit den Negativpunkten verrechnet werden, es aber trotzdem eine Mindestpunktzahl für die vorbeugenden/nicht-chemischen Massnahmen und eine Obergrenze für die Negativpunkte gibt.

Es wurde schliesslich in Absprache mit IP-SUISSE die zweite Variante weiterverfolgt, da die Punkte transparenter sind als in den anderen Varianten und die Massnahmen somit für die Betriebe besser planbar sind. Zudem ist es bei der ersten Variante möglich, den Einsatz von PSM mit einem hohen Umweltrisiko zu kompensieren, indem viele vorbeugende/nicht-chemische Massnahmen umgesetzt werden, wodurch das Ziel der Risikoreduktion verfehlt würde. Die dritte Variante, eine Mischform, wäre relativ kompliziert und schwierig planbar für die Betriebe.

Um Möglichkeiten zu prüfen, wie Punktegrenzen (Mindestanforderungen) für die Bereiche vorbeugende/nicht-chemische Massnahmen und Umweltrisiken von PSM festgelegt werden können, wurden Daten aus der Betriebsumfrage ausgewertet.

3 Resultate

3.1 Vorbeugende und nicht-chemische Massnahmen

3.1.1 Expertenumfrage und Interviews mit Produzenten

Von den 24 angefragten Fachpersonen nahmen 12 an der Expertenbefragung teil. Bezüglich Wirksamkeit der Massnahmen wurden 71 der 113 Fragen relativ einheitlich beurteilt; das heisst, mehr als die Hälfte der Antworten lagen in einem der drei Bereiche «hoch bis sehr hoch», «mittel» oder «gering bis sehr gering». Bei der Umsetzbarkeit war dies für 78 Fragen und beim Risiko für negative Nebeneffekte bei 80 Fragen der Fall. Die restlichen Antworten wiesen eine recht grosse Streuung auf. Ein einheitliches Bild zeigte sich insbesondere bei Fragen zur mechanischen Unkrautbekämpfung, während es vor allem beim Einsatz von lebenden Organismen und bei der Anwendung von Produkten zur Stimulierung der natürlichen Abwehrkräfte grosse Unterschiede in der Bewertung gab. Aus den Kommentaren der Fachpersonen liess sich ableiten, dass es bei gewissen Massnahmen an Erfahrung für eine solide Beurteilung mangelt. Kontroverse Massnahmen wurden mit zwei Gemüseproduzenten diskutiert. Diese Informationen waren insbesondere für die Weiterentwicklung der Massnahmenliste hinsichtlich der Praxistauglichkeit nützlich.

3.1.2 Expertenworkshop

Im Rahmen des Expertenworkshops, an dem neun Personen teilnahmen, wurden insgesamt vier Massnahmen mit einem hohen Risiko für negative Nebeneffekte (Bewertung < 2.5) aus dem Massnahmenkatalog ausgeschlossen (Tabelle A. 3). Dies waren vor allem Massnahmen, die sich gemäss Einschätzung der Experten negativ auf die Bodenstruktur und auf Bodenlebewesen auswirken. Zudem wurden drei Massnahmen aufgrund zu geringer Wirksamkeit und zwei weitere Massnahmen wegen fehlender Praxistauglichkeit verworfen. Neun Massnahmen wurden vorerst zurückgestellt, da sie derzeit noch nicht praxisreif sind (Tabelle A. 2). 31 Massnahmen wurden als geeignet für das Punktesystem bewertet und für die weitere Bearbeitung berücksichtigt.

3.1.3 Auswahl und Bewertung der vorbeugenden und nicht-chemischen Massnahmen

Nach der Betriebsumfrage (Ergebnisse siehe Kapitel 3.4) wurde die Massnahmenliste nochmals angepasst, und einzelne Massnahmen wurden anders gruppiert. Es wurden schliesslich 29 vorbeugende und nicht-chemische Massnahmen definiert, welche in das Punktesystem aufgenommen wurden (Tabelle 1). Diese Massnahmen betreffen die Bereiche Fruchtfolge, Anbautechnik, Bewässerung, Einsatz von lebenden Organismen, Feldhygiene sowie mechanische und thermische Unkrautbekämpfung.

Sieben Massnahmen sind für alle Kulturen geeignet, weitere acht für Frisch- und Lagergemüse allgemein (aber nicht für Verarbeitungsgemüse). Die restlichen 14 Massnahmen sind kulturspezifisch, das heisst, sie gelten für eine oder wenige Kulturen. Die Anzahl Massnahmen (und erreichbare Punkte) unterscheiden sich je nach Kultur. Die meisten kulturspezifischen Massnahmen wurden für Zwiebeln, Lauch und Spinat definiert (jeweils fünf). Für Kopfkohl konnten vier Massnahmen erarbeitet werden, für Karotten und Knollensellerie jeweils drei. Für alle anderen betrachteten Gemüsekulturen wurden jeweils zwei Massnahmen eingeführt. Die pro Kultur zur Verfügung stehenden Massnahmen sind im Detail in Säle und Neuweiler (2022) beschrieben.

Die Massnahmen enthalten vorbeugende oder nicht-chemische Alternativen zu verschiedenen Wirkungsbereichen von PSM (d.h. Herbizide, Fungizide, Insektizide). Dreizehn der Massnahmen sind wirksam gegen Unkräuter (Herbizide), elf gegen Krankheiten, die durch Phytopathogene ausgelöst werden (Fungizide), und acht gegen Schädlinge (Insektizide). Dabei sind vier Massnahmen gleichzeitig zur Krankheits- und Schädlingsbekämpfung geeignet und eine Massnahme wirkt sowohl gegen Schädlinge als auch gegen Unkräuter. Eine Massnahme konnte keinem bestimmten Bereich zugeordnet werden, sie dient allgemein der Pflanzengesundheit.

Bei einigen Massnahmen – insbesondere im Bereich Unkrautbekämpfung – kann die zu erreichende Punktzahl steigen, wenn sie mehrmals durchgeführt werden oder moderne Technik zum Einsatz kommt. Dies wird mittels Abstufungen innerhalb einer Massnahme abgedeckt; somit ergeben sich insgesamt 48 Möglichkeiten, Punkte für vorbeugende und nicht-chemische Massnahmen zu erhalten.

Für die zwei Massnahmen «Mulchpflanzung» und «Zwiebeln pflanzen statt säen» werden Zusatzpunkte für eine schwierige Umsetzbarkeit vergeben. Bei der Massnahme «Mechanische Unkrautbekämpfung zwischen den Reihen, in der Reihe oder kombiniert» können ebenfalls zwei Zusatzpunkte erreicht werden, sofern diese Massnahme mit einem Hackroboter durchgeführt wird.

Die meisten der Massnahmen (11) wurden mit 4 Punkten bewertet. Die höchste Punktzahl kann im Bereich der mechanischen Unkrautbekämpfung erzielt werden, da diese meist sehr effektiv ist und sich zudem die Punkte steigern, wenn mehrere Durchgänge erfolgen. Die niedrigste Punktzahl erhielt die Massnahme «Stärkung der natürlichen Abwehrkräfte», da grosse Unsicherheit über ihre Wirksamkeit besteht.

Zusätzlich zu den oben beschriebenen Massnahmen gibt es die Möglichkeit, eigene Innovationen der Produzenten mit Punkten zu honorieren.

Tabelle 1: Massnahmenkatalog für vorbeugende und nicht-chemische Massnahmen (A = Art der Massnahme, W = Wirksamkeit, U = Zusatzpunkte für schwierige Umsetzbarkeit, Pkt. = Gesamtpunktzahl, v = vorbeugend, nc = nicht-chemisch)

Nr.	Massnahme	Art	Frisch-/Lagerg.	Verarb.gemüse	Schaderreger	W	U	Pkt.	Hinweise Umsetzung
1	Anbau von Getreide oder Mais als Hauptkultur								
	Fruchtfolgekrankheiten in Gemüse-Fruchtfolgen werden unterdrückt								
a	Einmal innerhalb von sieben Jahren	v	alle	Spinat	bodenbürtige Krankheiten	2	0	2	
b	Zweimal innerhalb von sieben Jahren	v	alle	Spinat		4	0	4	
2	Pro Jahr und Parzelle max. 1 x Spinatanbau								
	Reduktion von Fruchtfolgeproblemen	v	--	Spinat	bodenbürtige Krankheiten	4	0	4	
3	Anbau auf Dämmen								
	Bestände trocknen schneller ab	v	Zwiebeln	--	Pilzkrankheiten	4	0	4	
			Karotten, Randen	--	Pilzkrankheiten	2	0	2	
4	Tropfbewässerung								
	Verringert die Anfälligkeit gegenüber Pilzkrankheiten, da das Blattwerk nicht zusätzlich durch die Bewässerung benetzt wird.	v	Kürbis, Zucchini	--	Pilzkrankheiten	4	0	4	
5	Ermittlung des Bewässerungsbedarfs								
	Gezielte Bewässerung mittels z.B. Feuchtesensor oder Geisenheimer Bewässerungssteuerung. Pflanzen, die optimal mit Wasser versorgt sind, sind weniger anfällig gegenüber Pilzkrankheiten.	v	alle	Spinat	Pilzkrankheiten	4	0	4	Anleitung Geisenheimer Steuerung: https://www.hs-geisenheim.de/gemuesebau/bewaesserung/geisenheimer-bewaesserungssteuerung/
6	Stärkung der natürlichen Abwehrkräfte								
	Einsatz von Resistenzinduktoren, Pflanzenstärkungsmitteln, etc.	nc	alle	alle	allgemein	1	0	1	
7	Einsatz von lebenden Organismen gegen Pilze								
	Anwendung des Bakteriums <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> ssp. <i>Plantarum</i>	nc	Tomaten	--	<i>Botrytis</i>	4	0	4	

Nr.	Massnahme	Art	Frisch-/Lagerg.	Verarb.gemüse	Schaderreger	W	U	Pkt.	Hinweise Umsetzung
8	Einsatz von Antagonisten im Boden mehrmals über die Fruchtfolge hinweg								
	z.B. <i>Coniothyrium minitans</i> oder <i>Trichoderma harzianum</i>	nc	alle	alle	Sclerotinia (<i>C. minitans</i>); diverse (<i>T. harzianum</i>)	4	0	4	Einsatz wird mehrmals über die Fruchtfolge hinweg empfohlen
9	Befallenes Pflanzenmaterial frühzeitig aus dem Bestand entfernen und vernichten								
	Verhindert die Ausbreitung von Bakteriosen	nc	Tomaten	--	Bakteriosen wie <i>Pseudomonas</i> spp. oder <i>Clavibacter michiganese</i> ; <i>Botrytis</i> ; Tomatenrostmilbe	8	0	8	
10	Erntereste zeitnah mulchen								
	Inokulum für Pilzkrankheiten (z.B. Falsche Mehлтаupilze) wird vernichtet und der Befallsdruck von Schädlingen wird verringert (z.B. Weisse Fliege).								Möglichst in Kombination mit Massnahme 11 «Erntereste zeitnah einarbeiten», dann ist die Wirksamkeit am höchsten.
	Mulchen der Erntereste innerhalb von 48 h nach der Ernte	v	alle	Spinat	allgemein	4	0	4	
11	Erntereste zeitnah einarbeiten								
	Inokulum für Pilzkrankheiten (z.B. Falsche Mehлтаupilze) wird vernichtet und der Befallsdruck von Schädlingen wird verringert (z.B. Weisse Fliege).								Möglichst in Kombination mit Massnahme 10 «Erntereste zeitnah mulchen», dann ist die Wirksamkeit am höchsten.
	Einarbeiten der Erntereste innerhalb von 48 h nach der Ernte <i>Ausnahme:</i> bei Gemüsekulturen, die nach dem 31.08. geerntet werden, muss das Wurzelwerk bis mindestens 15.09. intakt bleiben (ÖLN-Richtlinie).	v	alle	Spinat	allgemein	4	0	4	

Nr.	Massnahme	Art	Frisch-/Lagereg.	Verarb.gemüse	Schaderreger	W	U	Pkt.	Hinweise Umsetzung
12	Ernterückstände, Rüst- und Sortierabfälle sachgemäss kompostieren, vergären oder wärmedesinfizieren								
	Inokulum für Pilzkrankheiten (z.B. Falsche Mehлтаupilze, Papierflecken und Purpurflecken) wird vernichtet und der Befallsdruck von Schädlingen wird verringert.	v	alle	alle	allgemein	8	0	8	Kompostierung in gewerblichen Anlagen; bei eigener Kompostierung muss die Hygienisierung sichergestellt werden.
13	Pflanztechnik: tief pflanzen und anhäufeln								
	Fördert die Seitenwurzelbildung, dadurch wird die Pflanze robuster.	v	Kopfkohl	--	Kleine Kohlflye	4	0	4	
14	Mulchpflanzung mit Transfer- oder In-situ-Mulch								
	<i>(Hinweis: Gemeint ist hier nicht Direktsaat im Sinne von Verzicht auf wendende Bodenbearbeitung)</i>	nc	Pflanzkulturen	--	Erdföhe und Thripse; Unkräuter	3	2	5	Hoher Flächenbedarf für Transfermulch; Hinweise zur Umsetzung siehe Trautzi (2019b)
15	Kurze Beregnung gegen Thripse								
		nc	Lauch, Zwiebeln	--	Thripse	2	0	2	Nicht abends beregnen, damit die Bestände abtrocknen können
16	Einsatz von parasitischen Nematoden zur Schädlingsbekämpfung								
a	Einsatz von <i>Steinernema carpocapsae</i>	nc	alle	alle	Erdräuben	3	0	3	
b	Einsatz von <i>Phasmarhabditis hermaphrodita</i>	nc	alle	alle	Genetzte Ackerschnecke	3	0	3	
17	Anbau von Zwischenfrüchten zur Unkrautunterdrückung								
	In gemüsebaulichen Fruchtfolgen keine Kreuzblütler, sondern z.B. Sandhafer, Phacelia, Buchweizen oder andere. In getreidebetonten Fruchtfolgen können Kreuzblütler als Zwischenfrüchte eingesetzt werden, sofern eine mindestens dreijährige Anbaupause von Kreuzblütlern eingehalten wird.	v	alle	--	Unkräuter	3	0	3	

Nr.	Massnahme	Art	Frisch-/Lagerg.	Verarb.gemüse	Schaderreger	W	U	Pkt.	Hinweise Umsetzung
18	Falsches Saat-/Pflanzbett								
	Unkräuter werden durch die Saatbettbereitung zum Keimen angeregt und anschliessend mechanisch bekämpft.	nc	alle	alle	Unkräuter	7	0	7	Vor der Saat/Pflanzung genügend Zeit einplanen (2-4 Wochen). Bei frühen Kulturen schwerer umsetzbar aufgrund der Bodenfeuchtigkeit im Frühjahr. Erosionsrisiko beachten.
19	Pflanzen statt säen								
	Erhöht die Konkurrenzkraft der Kulturpflanze	v	Zwiebeln	--	Unkräuter	5	1	6	Zusatzpunkt, da teurer als Säen
20	Blindstriegeln								
		nc	alle tief (>3 cm) gesäten Kulturen (z.B. Zuckermais)	Bohnen, Erbsen	Unkräuter	6	0	6	geeignet v.a. für Zuckermais; für Spinat nicht geeignet, da gleichmässiges Auflaufen gefährdet wird
21	Anwendung von biologisch abbaubaren Mulchfolien und sachgemässe Einarbeitung der Reste in den Boden								
		nc	Pflanzkulturen	--	Unkräuter	8	0	8	Hinweise zum Einarbeiten von Mulchfolien siehe Eppenberger (2020)
22	Abflammen im Voraufbau								
		nc	alle	--	Unkräuter (Gräser werden weniger gut bekämpft als krautige Arten)	5	0	5	Zeit- und energieaufwändig, allerdings für manche Kulturen die einzige Alternative zu chem. Herbiziden
23	Abflammen im Nachaufbau								
		nc	Karotten, Zwiebeln gesät	--	Unkräuter (Gräser werden weniger gut bekämpft als krautige Arten)	6	0	6	Zeit- und energieaufwändig, allerdings für manche Kulturen die einzige Alternative zu chem. Herbiziden

Nr.	Massnahme	Art	Frisch-/Lagerg.	Verarb.gemüse	Schaderreger	W	U	Pkt.	Hinweise Umsetzung
24	Reihenunabhängige mechanische Unkrautbekämpfung								
	z.B. mit Striegel oder Netzegge								Nicht geeignet für Verarbeitungsgemüse, da die Ausfälle zu gross sind
a	Ein Durchgang	nc	Zuckermais, Lauch gepflanzt	--	Unkräuter	6	0	6	
			Karotten, Sellerie, Zwiebeln, Randen, Lauch gesät	Erbsen	Unkräuter	4	0	4	
b	Zwei Durchgänge	nc	Zuckermais, Lauch gepflanzt	--	Unkräuter	10	0	10	
		nc	Karotten, Sellerie, Zwiebeln, Randen, Lauch gesät	Erbsen	Unkräuter	6	0	6	
c	Drei und mehr Durchgänge	nc	Zuckermais, Lauch gepflanzt	--	Unkräuter	12	0	12	
			Karotten, Sellerie, Zwiebeln, Randen, Lauch gesät	Erbsen	Unkräuter	7	0	7	
25	Mechanische Unkrautbekämpfung zwischen den Reihen oder in der Reihe								
	z.B. mit Scharhacke, Rollhacke, Hackbürste, Fingerhacke, Torsionshacke oder von Hand								
a	Ein Durchgang	nc	alle	Bohnen (nicht in der Reihe)	Unkräuter	5	0	5	
b	Zwei Durchgänge	nc	alle	Bohnen (nicht in der Reihe)	Unkräuter	8	0	8	
c	Drei und mehr Durchgänge	nc	alle	Bohnen (nicht in der Reihe)	Unkräuter	10	0	10	
	Bei Verwendung eines Hackroboters oder eines kameragesteuerten Hackgeräts					jeweils +2 Punkte			

Nr.	Massnahme	Art	Frisch-/Lagerg.	Verarb.gemüse	Schaderreger	W	U	Pkt.	Hinweise Umsetzung
26	Ganzflächige mechanische Unkrautbekämpfung durch Kombination zwischen den Reihen und in der Reihe								
a	Ein Durchgang	nc	alle	--	Unkräuter	6	0	6	
b	Zwei Durchgänge	nc	alle	--	Unkräuter	10	0	10	
c	Drei und mehr Durchgänge	nc	alle	--	Unkräuter	12	0	12	
	Bei Verwendung eines Hackroboters					jeweils +2 Punkte			
27	Kulturen anhäufeln								
	z.B. mit Hack- oder Häufelgerät								
a	Einmal anhäufeln	nc	Lauch, Kopfkohl	--	Unkräuter	5	0	5	
b	Zweimal anhäufeln	nc	Lauch, Kopfkohl	--	Unkräuter	8	0	8	
28	Einzelpflanzen entfernen per Hand und Samenträger aus dem Feld schaffen								
a	Einmal	nc	alle	alle	Unkräuter	6	0	6	Samenträger von z.B. Amaranth oder Franzosenkraut müssen vom Feld entfernt werden, damit sie dort nicht keimen
b	Zweimal	nc	alle	alle	Unkräuter	10	0	10	
29	Eigene Innovationen der Produzentinnen und Produzenten honorieren								
			alle	alle	allgemein	Punkte werden individuell nach Wirksamkeit und Aufwand vergeben. Dabei sollte eine Orientierung an der Wirksamkeitsskala von 1-8 erfolgen. Das heisst, kann der Betreib durch seine Massnahme ganz auf eine PSM-Applikation verzichten, bekommt er 8 Punkte. Je nachdem, wie viele Behandlungen er noch durchführen muss, werden entsprechend weniger Punkte vergeben. Für einen hohen und sehr hohen Umsetzungsaufwand sollten 1, bzw. 2 zusätzliche Punkte vergeben werden.			

3.2 Umweltrisiken chemischer Pflanzenschutz

Abbildung 2 zeigt die Verteilung der Risikoscores der PSM-Wirkstoffe (total 287), welche zwischen 2012 und 2021 in der Schweiz zugelassen waren, für die berücksichtigten Umweltkompartimente. Für Oberflächengewässer und Naturnahe Lebensräume zeigten jeweils vor allem Insektizide und Herbizide die höchsten Risikoscores, während im Grundwasser Herbizide und Fungizide die höchsten Werte aufwiesen.

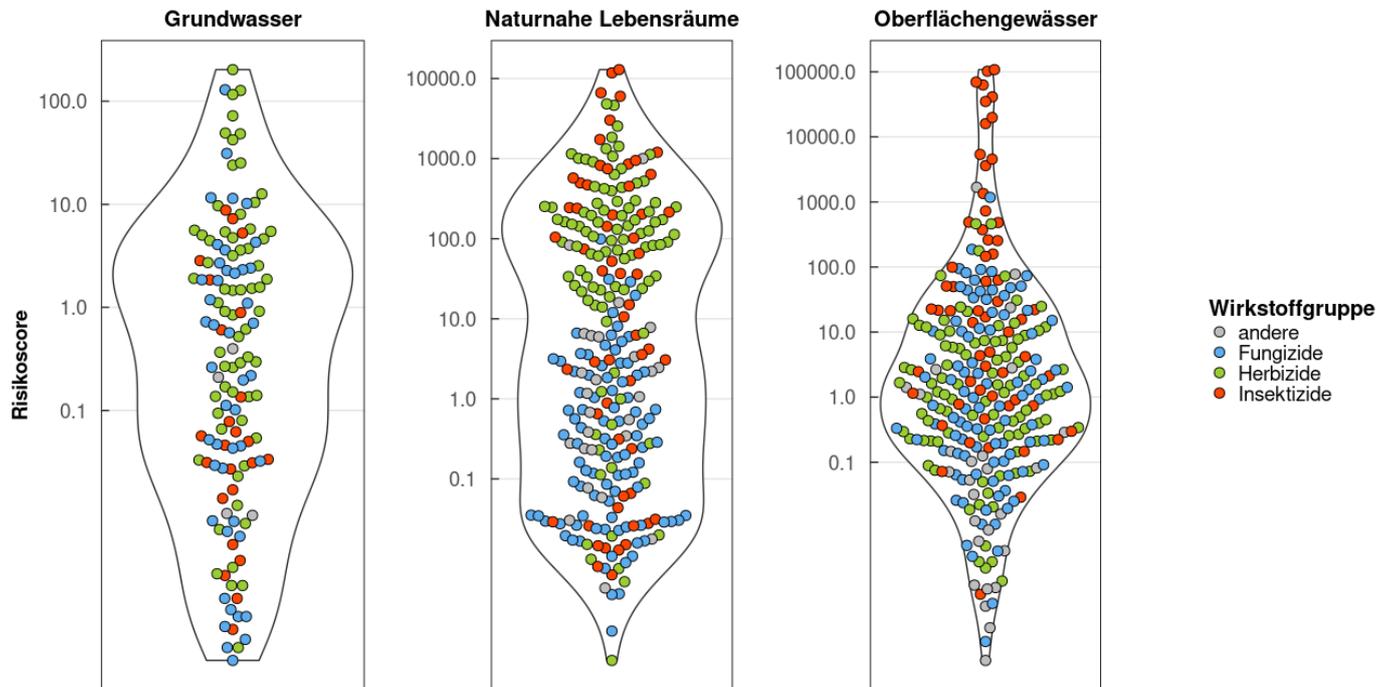


Abbildung 2: Vorläufige Risikoscores für die drei Umweltkompartimente Grundwasser (ohne Null-Werte), Naturnahe Lebensräume und Oberflächengewässer für PSM-Wirkstoffe (basierend auf Korkaric et al. (in Vorbereitung)). Die Wirkstoffgruppen der jeweiligen Wirkstoffe sind in Farben dargestellt. Die Bewertung umfasst chemische PSM-Wirkstoffe die zwischen 2012 und 2021 in der Schweiz zugelassen waren. Die absoluten Werte der Risikoscores der drei Umweltkompartimente sind nicht untereinander vergleichbar, da die Risikoscores jeweils in einem eigenen standardisierten Ansatz bestimmt wurden, der dem Vergleich der Risiko- und Belastungspotenziale innerhalb eines jeden Kompartiments dient.

Abbildung 3 zeigt die Negativpunkte für alle 287 PSM-Wirkstoffe, sortiert nach Wirkstoffgruppen, die sich nach der Normierung, Aggregation und Skalierung (siehe Kapitel 2.2.2) ergaben. Die höchsten Negativpunkte lagen für die Insektizide vor, allen voran die Pyrethroid- und Organophosphat-Insektizide, gefolgt von den Herbiziden. Bei den Herbiziden zeigten vor allem einige Chloracetamid-Herbizide höhere Negativpunkte, v.a. wegen des hohen Belastungspotenzials für das Grundwasser. Rundet man auf eine Nachkommastelle, dann erhielten 57 % der Wirkstoffe (d.h. 168 von 287 bewerteten Wirkstoffen) 0,5 Negativpunkte, was der festgelegten Untergrenze entspricht (siehe Kapitel 2.2.2). Rund 83% der PSM-Wirkstoffe wurden mit 0,5 – 1 Negativpunkten bewertet und 17 % der Wirkstoffe mit Werten grösser als 1. Nur 12 Wirkstoffe (4 %) wurden mit mehr als 5 Negativpunkten bewertet, und lagen somit mindestens 10-fach oberhalb der Untergrenze.

Ein bedeutender Teil der Wirkstoffe mit höheren Negativpunkten ist heute entweder nicht mehr zugelassen, in der IP-SUISSE Richtlinie für den Gemüsebau eingeschränkt oder wird ab 2023 im ÖLN eingeschränkt werden. Von den 49 Wirkstoffen mit Negativpunkten ≥ 1 sind zurzeit 23 im Gemüsebau zugelassen (Stand: 28.03.2022; z.T. mit Ausverkaufs- und Aufbrauchfrist). Davon sind 15 Wirkstoffe, welche voraussichtlich im ÖLN nicht eingeschränkt werden sollen.

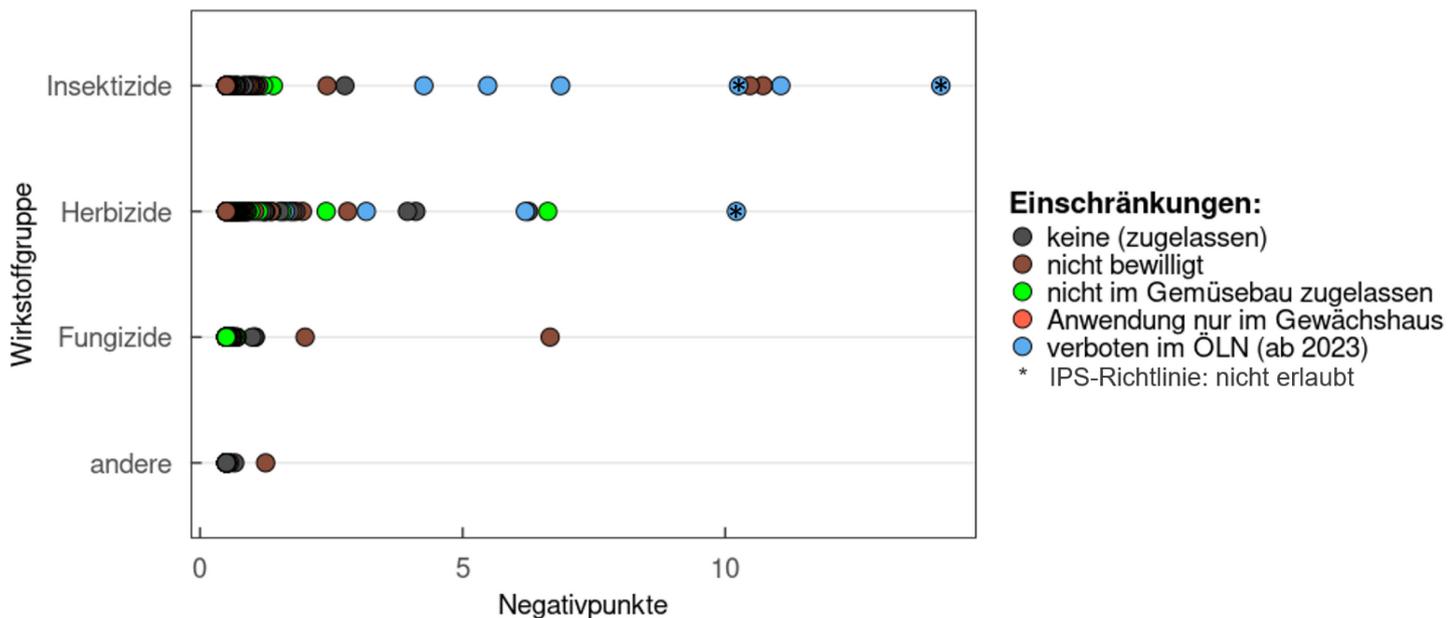


Abbildung 3: Negativpunkte für PSM-Wirkstoffe aus verschiedenen Wirkstoffgruppen. Die Füllung der Kreise gibt an, welche Art von Einschränkungen (Stand März 2022) gelten: nicht mehr bewilligt (braun); nicht (mehr) im Gemüsebau bewilligt (grün); nur Gewächshausanwendung (rot); ab 2023 im ÖLN eingeschränkt oder verboten (blau); in IP-SUISSE Richtlinie für den Gemüsebau (Version 07.04.2020) eingeschränkt (*).

3.3 Risikominderungsmaßnahmen chemischer Pflanzenschutz

Es wurden 20 Risikominderungsmaßnahmen (RMM) definiert (Tabelle 2). Diese sind auf alle Gemüsekulturen anwendbar. Allerdings sind nicht alle Massnahmen für jede Parzelle geeignet. Sechs der Massnahmen hängen von der Neigung der Parzelle, der Lage zu Strassen und Gewässern oder dem Vorhandensein von offenen Schachtdeckeln ab. Allgemeingültige Massnahmen betreffen vor allem die Bereiche Applikationstechnik (fünf Massnahmen) und Reinigung der Feldspritze (zwei Massnahmen, auf Ebene Betrieb umzusetzen).

Die Hälfte der Massnahmen wirken gegen Run-off. Gegen Drift stehen 4 Massnahmen zur Verfügung, bei Punktquellen und Kurzschlüssen sind es jeweils zwei. Zur Verminderung von PSM-Austragungen über Drainage und Auswaschung konnte nur eine Massnahme festgelegt werden. Die zwei Massnahmen «Automatische Düsenschtaltung» und «Pulsweitenmodulation» wirken nicht direkt auf einzelne Eintragspfade, sondern dienen vor allem der genauen Applikation von PSM auf den Zielflächen und der Reduktion von Einträgen auf Nichtzielflächen und wurden aus diesem Grund hier ebenfalls berücksichtigt.

Die Massnahmen «Mulchpflanzung» und optimierte Bewässerung sind ebenfalls in der Liste für vorbeugende und nicht-chemische Pflanzenschutzmassnahmen enthalten. Da sie aber auch Einträge durch Run-off respektive Drainage reduzieren, wurden sie bei den RMM nochmals berücksichtigt.

Die meisten Massnahmen wurden mit einem Punkt bewertet. Für zwei Massnahmen wurden Punkte für eine aufwändige Umsetzung vergeben.

Tabelle 2: Liste mit Risikominderungsmaßnahmen (RMM). W = Wirksamkeit, U = Zusatzpunkte für eine aufwändige Umsetzbarkeit der Massnahme, Pkt. = Gesamtpunktzahl.

Nr.	Massnahme	Eintragspfad	Anwendbarkeit	W	U	Pkt.
1	Konturanbau					
	Kultur wird entsprechend der Kontur-Richtung angebaut.					
a	Dammkulturen	Run-off	parzellenspez.	1	0	1
b	Nicht Dammkulturen	Run-off	parzellenspez.	1	0	1
2	Konturpflügen					
	Anpassung der Bearbeitungsrichtung an die Hangneigung (an die Kontur)	Run-off	parzellenspez.	1	0	1
3	Querdämme oder Dyker-System in Dammkulturen					
	Querdämme müssen zum Zeitpunkt der PSM-Applikation intakt sein	Run-off	allgemein	1	0	1
4	Mulchpflanzung mit Transfer- oder In-situ-Mulch					
	<i>(Hinweis: Gemeint ist nicht Direktsaat im Sinne von Verzicht auf wendende Bodenbearbeitung)</i>					
	Anwendbar für Pflanzkulturen	Run-off	allgemein	1	2	3
5	Fahrgassen begrünen					
	Zum Zeitpunkt der PSM-Applikation muss eine dichte Vegetation vorhanden sein	Run-off	allgemein	1	0	1
6	Vorgewende begrünen					
	Vorgewende ist dauerhaft begrünt (keine Braun- oder Schwarzbrache) und mind. 3 m breit	Run-off	allgemein	1	0	1
7	Rückhaltebecken					
	Retention und PSM-Abbau	Run-off	allgemein (Betrieb)	1	2	3
8	Andere Rückhaltестrukturen ausserhalb von geneigten Parzellen					
	Wall, Damm, Faszien oder Strohsocken	Run-off	parzellenspez.	1	1	2
9	Begrünte Streifen in geneigten Parzellen					
	Quer zum Hang; alle 100 m, mind. 3 m breit	Run-off	parzellenspez.	1	0	1
10	Pufferstreifen im Feld gegen Gewässer, entwässerte Strassen und Schächte					
	Fläche bewachsen, keine PSM-Anwendungen					
a	Pufferstreifen 6 m breit	Run-off, ggf. Kurzschlüsse	parzellenspez.	1	0	1
b	Pufferstreifen 10 m breit	Run-off, ggf. Kurzschlüsse	parzellenspez.	2	0	2
b	Pufferstreifen 20 m breit	Run-off, ggf. Kurzschlüsse	parzellenspez.	3	0	3
11	Vegetationsstreifen so hoch wie die behandelte Kultur					
	Zusammenhängender Vegetationsstreifen von mind. 3 m Breite und mind. so hoch wie die behandelte Kultur	Drift	allgemein	1	0	1
12	Abdriftmindernde Düsen					
	Eine Tabelle des JKI teilt Düsen in Abdriftminderungsklassen ein					
	50% Minderung oder Injektordüsen	Drift	allgemein	0,5	0	0,5
	75% Minderung oder Injektordüsen mit max. 3 bar Druck	Drift	allgemein	1	0	1
	90% Minderung oder Injektordüse mit max. 2 bar Druck	Drift	allgemein	2	0	2
	95% Minderung	Drift	allgemein	3	0	3

Nr.	Massnahme	Eintragspfad	Anwendbarkeit	W	U	Pkt.
13	Droplegs					
	Mit Droplegs (Spritzbeinen) ab Stadium Reihenschluss werden auch untere Blattetagen erreicht, PSM können so zielgenauer ausgebracht werden, Wirkungsgrad kann teilweise erhöht werden, Abdrift wird verringert (bis 75%).					
	geeignet für Karotten und Zwiebeln	Drift	allgemein	1	0	1
14	Spritzbalken mit Luftunterstützung					
	Durch den Luftstrom werden die Spritztröpfchen zielgerichtet appliziert	Drift	allgemein	0,5	0	0,5
15	Optimierte Bewässerung					
	Wasserbedarf wird mittels Feuchtesensor oder Geisenheimer Bewässerungssteuerung ermittelt, somit werden PSM nicht durch Überbewässerung ausgewaschen/drainiert.	Drainage, Auswaschung	allgemein	0,5	0	0,5
16	Aussenreinigung der Feldspritze					
a	Reinigung auf der behandelten Fläche	Punktquellen	allgemein	1	0	1
b	Reinigung auf dem Waschplatz	Punktquellen	allgemein	0,5	0	0,5
17	Umgang mit Reinigungswasser					
a	Geschlossenes Behandlungssystem	Punktquellen	allgemein (Betrieb)	1	0	1
b	Ausbringung von verdünntem Reinigungswasser mit Hofdünger oder flüssigem Gärgut	Punktquellen	allgemein (Betrieb)	0,5	0	0,5
18	Offene Schachtdeckel von Kontrollschächten ersetzen oder abdecken					
	Verhindert, dass PSM in Oberflächengewässer gelangen.	Kurzschlüsse	parzellenspez.	1	0	1
19	Automatische Düsensaltung (GPS gesteuert)					
	GPS gesteuerte automatische Teilbreitensaltung und Einzeldüsensaltung verhindert eine Doppelbehandlung bei Hindernissen, Keilen und Vorgewenden.		allgemein	0,5	0	0,5
20	Anpassung der Ausbringungsmenge bei Kurvenfahrten / Pulsweitenmodulation					
	Sichert eine gleichmässige Applikation in Kurven, somit findet keine Überdosierung an der Innenseite der Kurve statt.		allgemein	0,5	0	0,5

3.4 Betriebsumfrage

3.4.1 Auswertbare Datensätze

Von den insgesamt 137 angefragten Betrieben wurden von 22 Betrieben 30 ausgefüllte Datenblätter zurückgesendet (21 Datensätze für Frisch- und Lagergemüse und 9 Datensätze für Verarbeitungsgemüse). Von zwei weiteren Betrieben wurden einzelne Angaben telefonisch übermittelt. Für Karotten waren 7 auswertbare Datensätze vorhanden, für Kopfkohl 1, Kürbis 1, Randen 1, Sellerie 2, Zucchini 4 (alle 4 Sätze von einem Betrieb), Zuckermais 1, Zwiebeln 4, Bohnen 2, Erbsen 3 und Spinat 4 Datensätze. Für Lauch und Tomaten standen keine Daten zur Verfügung.

Die meisten Betriebe liegen im Seeland oder im St. Galler Rheintal (Tabelle 3).

Tabelle 3: Anzahl Datenblätter und Betriebe sowie Art der Gemüsekulturen in verschiedenen Regionen der Schweiz.

Region	Anzahl Datenblätter	Anzahl Betriebe	Kulturen
Seeland	10	7	Karotten, Sellerie, Kopfkohl, Kürbis, Zucchetti, Zuckermais
Aargau und Zürich	5	5	Karotten, Randen, Erbsen, Spinat
Sankt Galler Rheintal	12	7	Karotten, Sellerie, Zwiebeln, Spinat, Bohnen
Thurgau	2	2	Zwiebeln, Erbsen
Westschweiz	1	1	Karotten
Total	30	22	alle Kulturen ausser Lauch und Tomaten

Als Rückmeldung zur Datenerfassung kam von den Produzenten mehrfach die Anmerkung, dass es sehr aufwändig gewesen sei, PSM, Behandlungsgrund und Düsentypen aus den entsprechenden Drop-down Listen im Excel auszuwählen.

3.4.2 Punkte für vorbeugende und nicht-chemische Massnahmen

Die befragten Betriebe erreichten sieben bis 48 Punkte pro Parzelle für vorbeugende und nicht-chemische Massnahmen (Abbildung 4). Unterschiede zeigten sich nicht nur über alle Kulturen hinweg, sondern auch innerhalb einer Kultur (z.B. acht bis 27 Punkte bei Karotten). Diese waren am grössten bei Sellerie, allerdings gab es hier auch nur zwei teilnehmende Betriebe.

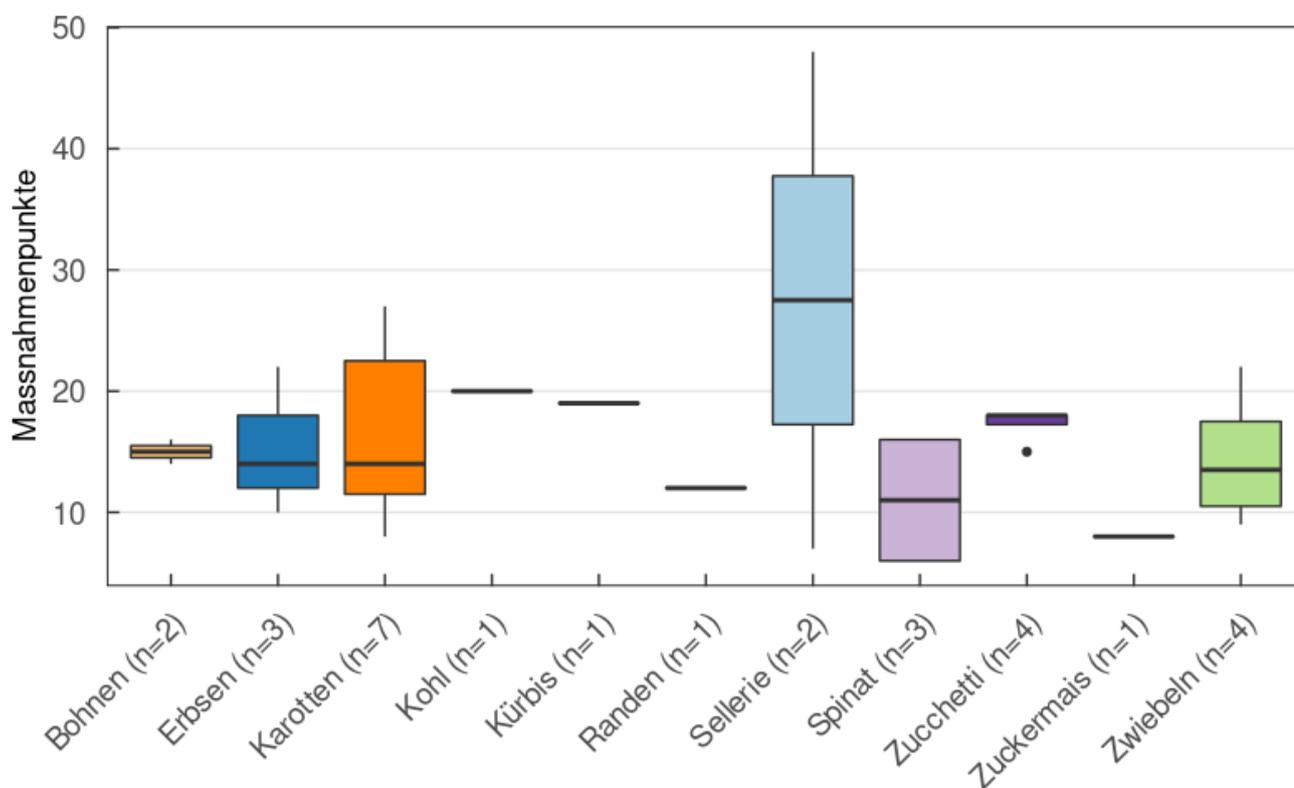


Abbildung 4: Spannweiten (senkrechte Striche), untere und obere Quantile (Boxen), Mediane (waagrechte Striche) und Ausreisser (Punkte) der erreichten Massnahmenpunkte für vorbeugende und nicht-chemische Massnahmen aus der Betriebsdatenerhebung pro Kultur. n: Anzahl Parzellen pro Kultur

Am häufigsten wurden bereits Massnahmen aus dem Bereich Fruchtfolge umgesetzt. Bei Frisch- und Lagergemüse wurde in 18 von 21 Fällen Getreide in die Fruchtfolge integriert (allgemeine Massnahmen 1 und 2). Bei zwölf Parzellen erfolgte der Anbau von Zwischenfrüchten ohne Kreuzblütler. Die am häufigsten umgesetzte kulturspezifische Massnahme war der Anbau auf Dämmen (auf allen sieben Karottenparzellen und auf drei von vier Zwiebelparzellen). Keiner der Betriebe hatte zum Zeitpunkt der Befragung Massnahmen umgesetzt, welche im Punktesystem Zusatzpunkte für eine schwierige Umsetzbarkeit erhalten würden.

Im Durchschnitt wurden bei Frisch- und Lagergemüse bereits 3,7 Massnahmen pro Parzelle umgesetzt. Die Anzahl umgesetzter Massnahmen reichte von zwei bis sieben. Bei Karotten beispielsweise setzten mehr als die Hälfte der Betriebe mindestens vier von 23 möglichen Massnahmen bereits um. Beim Verarbeitungsgemüse wurden allgemein weniger Massnahmen umgesetzt. Im Durchschnitt waren dies 2,6 Massnahmen mit einer Spannweite von eins bis vier.

Insgesamt wurden bei Frisch- und Lagergemüse mehr allgemeine als kulturspezifische Massnahmen angewendet, beim Verarbeitungsgemüse verhielt es sich umgekehrt.

3.4.2.1 Nutzung von Entscheidungshilfen und Beratung

Die Testbetriebe wurden auch bezüglich Entscheidungshilfen und Beratung zu PSM-Anwendungen befragt. Für diese Aspekte wurden schliesslich keine Punkte berechnet, sie dienten lediglich als Zusatzinformation. Die Ergebnisse der Umfrage wurden getrennt für Frisch- und Lagergemüse (Antworten von 15 Betrieben) und Verarbeitungsgemüse (7 Betriebe) ausgewertet.

Bei Frisch- und Lagergemüse gaben drei von fünfzehn Betrieben an, einen Warndienst (Agroscope) zu nutzen (Zwiebeln, Randen, Zucchetti). Kein Betrieb erwähnte die Nutzung einer Software zur Entscheidungsunterstützung. Sieben Betriebe gaben an, dass sie ein Schädlingsmonitoring mittels Fallen durchführen (v.a. der Möhrenfliege) und drei weitere Betriebe, dass sie Feldkontrollen durchführen (Kürbis, Randen, Zwiebeln). Sechs Betriebe berücksichtigen Schadschwellen (Karotten, Zucchetti, Zuckermais, Zwiebeln). Dabei wurde teils konkretisiert, dass Schadschwellen gemäss Richtlinien, aber auch basierend auf eigenen Erfahrungswerten herangezogen wurden. Der Grossteil der Betriebe (12) gaben an, neben der eigenen Erfahrung auch Beratung zu PSM-Anwendung in Anspruch zu nehmen. Fünf Mal wurde angegeben, dass Beratung aus dem Handel genutzt wurde, drei Mal wurde der Beratungsring Gemüse aufgeführt, ein Betrieb nutzte eine private Beratung und fünf Mal wurde angegeben, dass generell ein Berater (nicht weiter spezifiziert) genutzt wurde (Mehrfach-Nennungen waren möglich).

Bei Verarbeitungsgemüse (sieben Betriebe) hat kein Betrieb angegeben, Schädlings-Prognosemodelle oder Schädlingsmonitoring mittels Fallen anzuwenden. Zwei Betriebe (Erbsen, Bohnen) gaben aber an, Schadschwellen zu beachten. Alle Betriebe nahmen mindestens eine Form der Beratung zur PSM-Anwendung in Anspruch. Am häufigsten wurde die Beratung des Handels und des offiziellen (kantonalen) Pflanzenschutzdienstes erwähnt (jeweils vier Mal), gefolgt vom Beratungsring Gemüse (zwei Mal). Bis auf einen Betrieb gaben alle an, dass sie ihre PSM-Anwendungen auf eigene Erfahrung und/oder Routine stützen.

3.4.3 Punkte chemischer Pflanzenschutz

Für alle in der Betriebsumfrage dokumentierten PSM-Anwendungen wurden wie in Kapitel 2.2.3 beschrieben Negativpunkte für den Einsatz chemischer PSM vergeben. Abbildung 5 zeigt die kumulierten Negativpunkte pro Parzelle und Kultur für die befragten Betriebe mit IP-SUISSE-Gemüse (IPS) für die Jahre 2020 oder 2021 im Vergleich zu Betrieben aus der ZA-AUI für die Jahre 2019 und 2020. Sowohl die IPS- als auch die ZA-AUI-Daten zeigten einen grossen Unterschied in den Negativpunkten zwischen den Kulturen, aber auch zwischen den Parzellen und Betrieben. Die Kulturen Karotten, Zwiebeln, Sellerie und Kohl erhielten generell mehr Negativpunkte (> 10) als andere Kulturen, wobei einzelne Parzellen auch tiefere Punkte erhielten. Bei Kürbis, Zuckermais und den untersuchten Verarbeitungsgemüsen (Spinat, Bohnen, Erbsen) lagen die Negativpunkte tiefer, mit wenigen Ausnahmen bei unter drei. Für Randen und Zucchetti lagen für den ausgewählten Zeitraum keine ZA-AUI-Daten vor und aus der Betriebsbefragung stammen die Angaben jeweils nur aus einem Betrieb, wobei für Zucchetti Daten von vier Sätzen vorlagen. Randen zeigten eher hohe Negativpunkte (> 10), bei Zucchetti lagen die Punkte von

verschiedenen Sätzen weit auseinander. Der grosse Unterschied zwischen den Sätzen erklärt sich durch den Einsatz eines Pyrethroids mit hohen Negativpunkten bei zwei der vier Sätze.

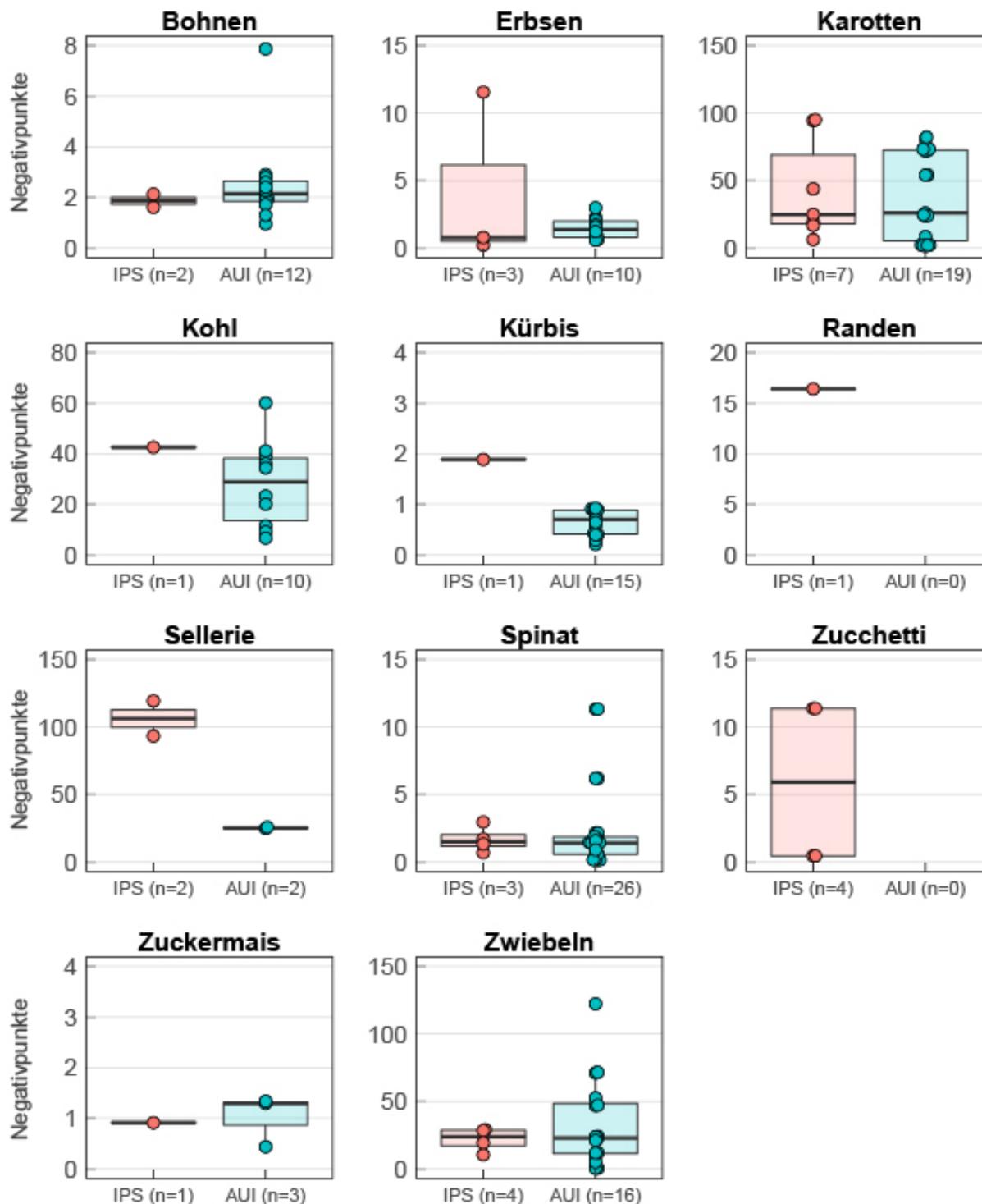


Abbildung 5: Box-Plots kumulierter Negativpunkte für alle PSM-Anwendungen auf einer Kultur und einem Schlag von den Daten der Betriebsumfrage von IP-SUISSE-Betrieben (IPS) aus 2020 respektive 2021 (für Bohnen, Erbsen, Spinat) und in dem Datensatz der Zentralen Auswertung Agrarumweltindikatoren (ZA-AUI, 2019 und 2020). Punkte = Negativpunkte pro Parzelle von einzelnen Parzellen. Für Rinden und Zucchini lagen 2019 und 2020 keine Daten im ZA-AUI vor. n: Anzahl Parzellen pro Kultur und Datensatz

Bei Kulturen, für die mehrere Datensätze vorlagen, war die Spannweite der Negativpunkte von unterschiedlichen Parzellen mitunter sehr gross. So lagen für Karotten in beiden Datensätzen Parzellen mit Negativpunkten im einstelligen Bereich vor, aber auch solche mit über 75 bis 100 Negativpunkten. Der Median der Negativpunkte lag

bei beiden Datensätze bei rund 25. Die grosse Streuung war vor allem durch den unterschiedlichen Einsatz von Lambda-Cyhalothrin, einem Insektizid mit hohen Negativpunkten, verursacht (Abbildung 6). Sechs der sieben IPS-Betriebe setzten bei Karotten Lambda-Cyhalothrin ein: bei drei Betrieben einmalig, bei einem zweimalig, und bei zwei Betrieben achtmalig. Bei den ZA-AUI-Daten wurde auf den Karotten-Parzellen mit besonders hohen Negativpunkten ebenfalls Lambda-Cyhalothrin eingesetzt, aber auch Cypermethrin und Chlorpyrifos kamen zur Anwendung. Die letzten zwei Wirkstoffe sind ebenfalls mit hohen Negativpunkten belegt, sind in IPS-Gemüseulturen aber nicht erlaubt. Chlorpyrifos ist inzwischen generell nicht mehr zugelassen.

Bei Zwiebeln und Spinat war die Spannweite der Negativpunkte beim ZA-AUI-Datensatz grösser als beim IPS-Datensatz, wobei bei diesem auch weniger Datenpunkte vorlagen. Im Fall der Zwiebeln wurde im IPS-Datensatz auf drei von vier Parzellen einmal Lambda-Cyhalothrin eingesetzt.

Generell lagen die Negativpunkte der IPS-Daten in einem ähnlichen Bereich wie jene aus dem ZA-AUI. Die Vergleichbarkeit ist aber v.a. für Kulturen, für die nur wenige Datenpunkte vorlagen, eingeschränkt. Eine auffällige Abweichung bildeten die zwei Datenpunkte für Sellerie, die deutlich höher lagen. Sie stammen aus zwei Betrieben mit sehr ähnlichen Spritzplänen, in denen wiederholt Lambda-Cyhalothrin eingesetzt wurde.

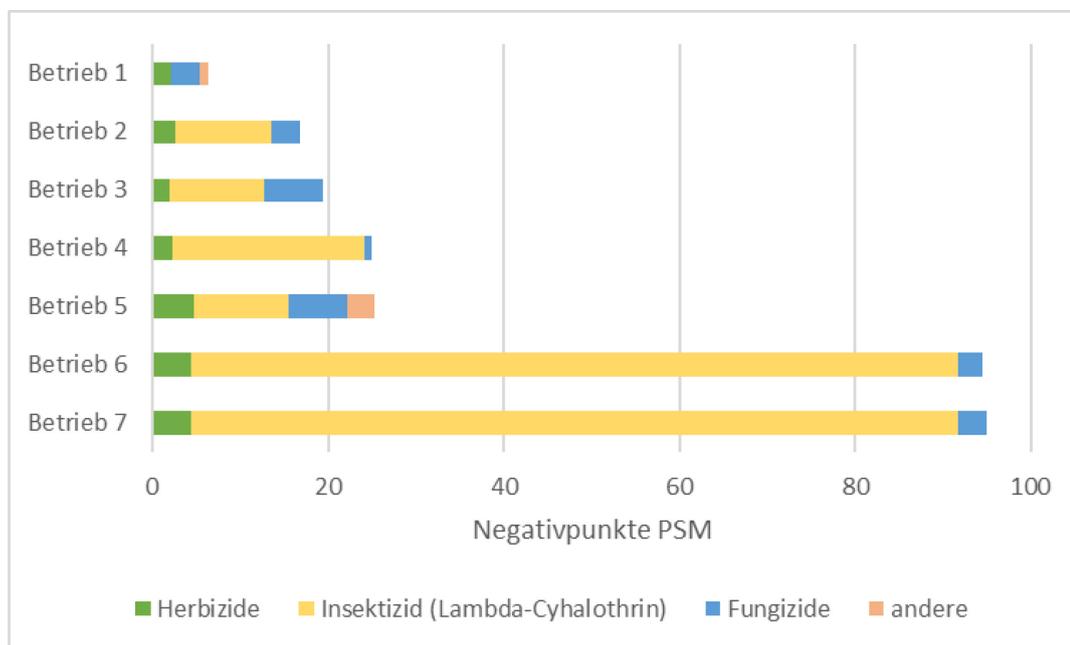


Abbildung 6: Zusammensetzung der Negativpunkte für Karotten für die sieben Betriebe. In der Wirkstoffgruppe Insektizide wurde hier ausschliesslich Lambda-Cyhalothrin eingesetzt.

3.4.4 Vergleich Punkte vorbeugende/nicht-chemische Massnahmen, PSM-Einsatz und PSM-Risiken

Die Auswertung der IP-SUISSE Betriebsdaten zeigte, dass eine hohe Punktzahl bei den vorbeugenden und nicht-chemischen Massnahmen nicht zwangsläufig in einem niedrigen Behandlungsindex (d.h. PSM-Einsatz), oder einer niedrigeren Anzahl an Negativpunkten resultierte (Abbildung 7). Auffallend war, dass es Betriebe gab, die trotz zahlreicher vorbeugender und nicht chemischer Massnahmen auch einen intensiven PSM-Einsatz durchführten, wie dies insbesondere bei einem Betrieb mit Sellerie und zwei Betrieben mit Karotten der Fall war.

Zudem zeigt sich auch der unterschiedliche Bedarf der Kulturen bezüglich chemischem und nicht-chemischem Pflanzenschutz. Kulturen wie Zuckermais, Erbsen und Spinat erhielten allgemein sowohl wenig Punkte für vorbeugende/nicht-chemische Massnahmen aber auch wenige Negativpunkte dank eines tiefen Behandlungsindexes.

Bei zwei Zwiebel-Parzellen fiel auf, dass sie zwar den zweithöchsten Behandlungsindex aller Parzellen aufwiesen, aber die Negativpunkte vergleichsweise gering ausfielen. Diese Betriebe hatten zwar viele Applikationen

durchgeführt, aber in ihren Spritzfolgen waren keine Wirkstoffe mit einem sehr hohen Risikopotenzial für die Umwelt enthalten.

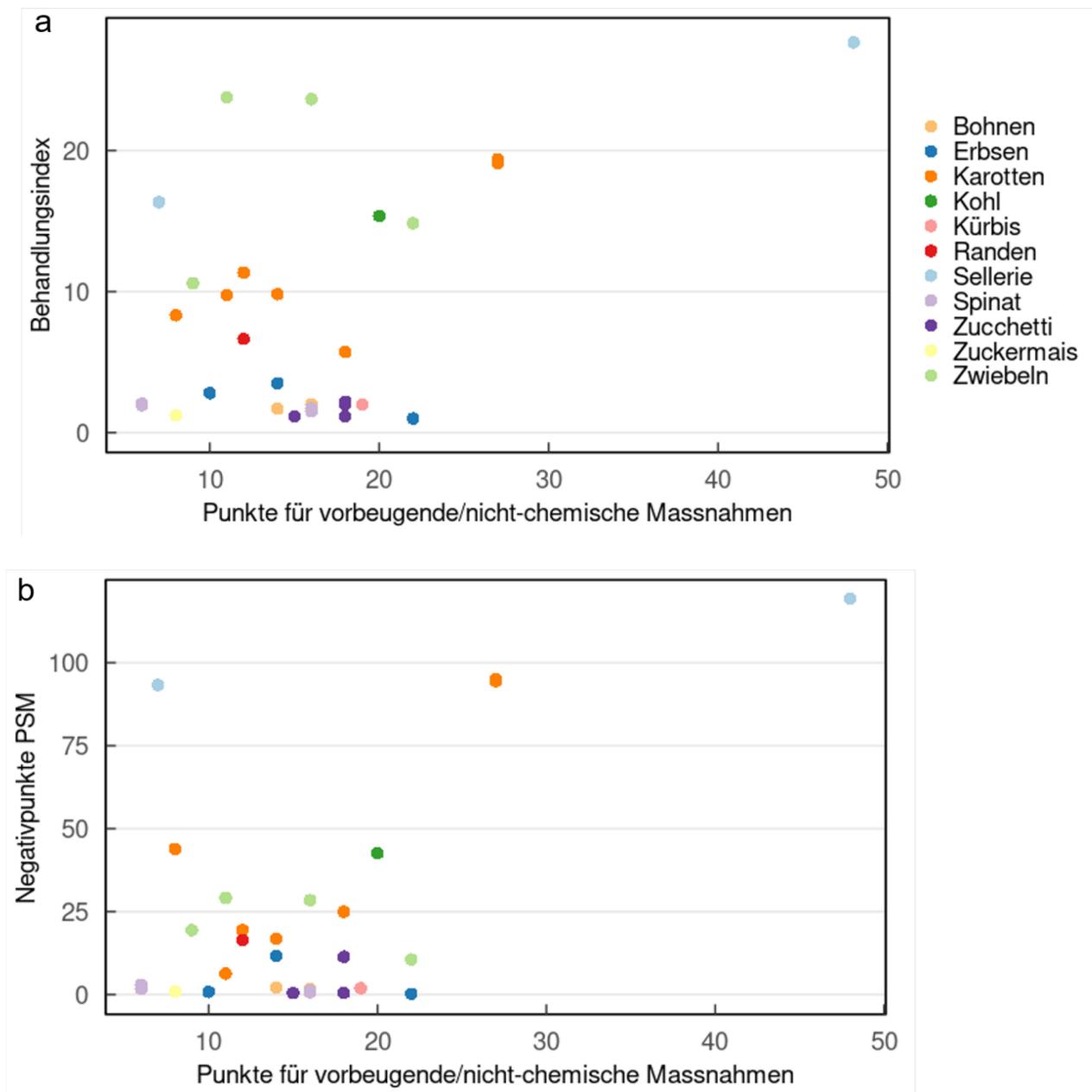


Abbildung 7: Zusammenhang zwischen Punkten für vorbeugende/nicht-chemische Massnahmen und Behandlungsindex (als Mass für die Intensität des PSM-Einsatzes) (a), bzw. den Negativpunkten (als Mass für PSM-Risiken) (b). Die Kulturen sind in unterschiedlichen Farben dargestellt. Jeder Punkt entspricht einer Parzelle in der Betriebsumfrage.

3.4.5 Festlegung Punktegrenzen (Mindestanforderungen)

Mit den erhobenen Daten war es nicht möglich, für alle Kulturen eine minimale respektive maximale Punktzahl festzulegen, da die Anzahl der Betriebe in der Stichprobe zu klein war, um repräsentative Daten pro Kultur zu erhalten. Zum anderen wurden im Laufe des Projekts neue politische Rahmenbedingungen eingeführt, die die Wahl der Wirkstoffe im ÖLN einschränken, so dass die Daten zum PSM-Einsatz im Jahr 2020 nicht repräsentativ für die kommenden Jahre sind, da ab 2023 Änderungen in der Direktzahlungsverordnung in Kraft treten.

4 Diskussion

4.1 Förderung vorbeugender und nicht-chemischer Massnahmen

Im vorliegenden Projekt wurde eine Liste mit vorbeugenden und nicht-chemischen Massnahmen zusammengestellt, aus der Gemüseproduzentinnen und -produzenten die für ihren Betrieb praktikablen Massnahmen auswählen können. Mit der Umsetzung von Massnahmen mit grosser Wirksamkeit können mehr Punkte erreicht werden als mit Massnahmen mit geringerer Wirksamkeit. Ebenfalls wurden Zusatzpunkte vergeben für schwierig umsetzbare Massnahmen, damit diese trotz Mehraufwand eher angewendet werden.

Bereits umgesetzte Massnahmen

Aus der im Projekt durchgeführten Umfrage bei IP-SUISSE-Gemüseproduzenten ging hervor, dass manche Massnahmen bereits auf den Betrieben umgesetzt werden, insbesondere im Bereich Fruchtfolge (Getreideanteil und Anbau von Zwischenfrüchten). Auch aus dem Bereich mechanische Unkrautbekämpfung wurden Massnahmen von gewissen Betrieben bereits ergriffen. Ob Unkraut mechanisch bekämpft wird oder nicht, hängt einerseits von der Witterung ab, da dies bei zu hoher Bodenfeuchtigkeit nicht wie geplant durchgeführt werden kann. Andererseits ist die mechanische Unkrautbekämpfung nicht in allen Kulturen gleich gut umsetzbar. Für Karotten lagen vergleichsweise viele Datensätze vor, aber keiner der Produzenten führte eine mechanische Unkrautbekämpfung durch, da diese in Karotten allgemein schwierig ist (Paap et al., 2020).

Unverzögliche Nacherntemassnahmen (Erntereste Mulchen und Einarbeiten) wurden nur bei Karotten angegeben. Bereits im Experten-Workshop wurde diskutiert, dass diese Massnahmen ein wichtiger Baustein in der Krankheit- und Schädlingsbekämpfung sind – vor allem auch für andere Kulturen wie beispielsweise Kopfkohl – aber in der Praxis zu wenig umgesetzt werden, meist aufgrund von Zeitdruck. Die Mulchpflanzung wurde von keinem Produzenten umgesetzt, vermutlich da diese Massnahme sehr aufwändig und nicht für jeden Betrieb geeignet ist. Um den Mehraufwand zu honorieren wurden bei dieser Massnahme neben den Punkten für die Wirksamkeit zwei Zusatzpunkte für die schwierige Umsetzbarkeit vergeben. Insgesamt zeigte sich, dass die befragten IP-SUISSE-Gemüsebetriebe schon verschiedene vorbeugende und nicht-chemische Massnahmen umsetzen, es jedoch noch Potenzial gibt, die Anwendung solcher Massnahmen mit einem Punktesystem gezielt zu fördern.

Forschungsbedarf für innovative Massnahmen

Im Rahmen eines Punktesystems, bei welchem die Umsetzung einzelner Massnahmen nicht fix vorgeschrieben, sondern flexibel wählbar sind, könnten auch neue, innovative Massnahmen gefördert werden. Allerdings fehlen hier oft die Erfahrungen, was eine Bewertung der Massnahmen schwierig macht. Im vorliegenden Projekt konnten beispielsweise keine Massnahmen zu Entscheidungshilfen definiert werden. Wie aus der Diskussion mit den Experten hervorging, fehlen für viele Schaderreger Schadschwellen und Prognosemodelle. Daher wurden diese Massnahmen wegen fehlender Grundlagen als «vorerst zurückgestellt» klassifiziert. Zu einem ähnlichen Ergebnis kam die Studie «Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz (DIPS)» aus Deutschland, in der es darum ging, die Möglichkeiten und Grenzen des integrierten Pflanzenschutzes unter Praxisbedingungen aufzuzeigen. Hier wurde ebenfalls ein grosser Forschungsbedarf im Bereich der Monitoring-Methoden, Schadschwellen und Prognosemodelle festgestellt (Helbig et al., 2021). Mögliche Ansätze sind beispielsweise das Modell ZWIPERO zur Prognose für das witterungsbedingte Sporulations- und Infektionsrisikos für Falschen Mehltau an Zwiebeln (ISIP e.V., 2022). Das Modell wurde in Deutschland entwickelt und greift auf Daten des Deutschen Wetterdienstes zu. Aus diesem Grund ist es nicht ohne weiteres in der Schweiz anwendbar, es gibt aber laufende Versuche dazu (Bachmann, 2021).

Für den Bereich der Insektizide, welche bei den Umweltrisiken tendenziell eher höhere Negativpunkte aufwiesen, konnten nur wenige alternative Massnahmen gefunden werden. Eine Möglichkeit wäre der Einsatz von Kulturschutznetzen. Diese Massnahme wurde bei den Produzenten-Interviews und im Experten-Workshop diskutiert. Allerdings war hier der Konsens, dass es noch an Erfahrungswerten bei der Einnetzung grosser Flächen fehlt und

dass der hohe finanzielle und zeitliche Aufwand momentan in keinem vertretbaren Kosten-Nutzen-Verhältnis steht. Dies kann sich aber mit der Zeit ändern, weshalb diese Massnahme nicht gänzlich verworfen, sondern vorerst zurückgestellt wurde.

Ein weiteres Beispiel für die fehlende Praxisreife ist die Verwendung eines Hackroboters in Kombination mit Spot-Spraying-Technik für Insektizide oder Fungizide. Versuche zeigen, dass damit eine deutliche Menge an PSM in jungen Kulturstadien eingespart werden kann (Keller et al., 2020). Auch wurde in der online Expertenbefragung und im Experten-Workshop diese Maschine als wirksam und vielversprechend beurteilt. Bisher ist aber nur ein Prototyp im Einsatz und solche Hackroboter sind noch nicht frei auf dem Markt verfügbar. Ein weiterer limitierender Faktor dürfte momentan auch noch die geringe Schlagkraft der Maschine sein (Keller et al., 2020).

Für viele Kulturen wurden diverse Blattlausarten und Schmetterlingsraupen als relevante Schädlinge eingestuft (Kapitel 2.1.1 und Anhang Tabelle A.1). Gegen diese Schaderreger konnten für das Punktesystem keine direkten nicht-chemischen Massnahmen definiert werden. Die einzigen alternativen Bekämpfungsmöglichkeiten sind vorbeugende Massnahmen, nämlich die Erntereste unmittelbar nach der Ernte zu mulchen und einzuarbeiten. In der Literatur finden sich zwar Angaben zum Einsatz von Kulturschutznetzen mit entsprechenden Maschenweiten (zum Beispiel Daniel et al. (2018) oder Koller (2018)), aber aus oben genannten Gründen wurde diese Massnahme vorerst zurückgestellt. Es ist daher empfehlenswert, Entwicklungen in diesem Bereich weiterzuverfolgen und sobald praxistaugliche Massnahmen zur Verfügung stehen, diese in den Massnahmenkatalog aufzunehmen.

Verschiedene Studien zeigen, dass die Förderung der Biodiversität das Schädlingsaufkommen reduzieren kann (Lundgren & Fausti, 2015; Pfiffner et al., 2005). Das bestehende Punktesystem Biodiversität von IP-SUISSE kann daher auch unterstützend bei der Bekämpfung von Schädlingen wirken. Umgekehrt fördert ein reduzierter PSM-Einsatz wiederum die Biodiversität. Somit ergänzen sich die beiden Punktesysteme gut.

Standortspezifische Massnahmen

Für das Punktesystem wurden 44 der ursprünglich gesammelten Massnahmen von den konsultierten Fachpersonen aus verschiedenen Gründen als ungeeignet klassifiziert. Einige dieser Massnahmen wurden zwar als wirksam und praxistauglich beurteilt, aber es fehlt an Möglichkeiten, die Massnahmen genau zu definieren und deren Umsetzung zu kontrollieren. Zu diesen Massnahmen zählen zum Beispiel die Standortwahl (keine staunassen Parzellen, frei von Vorverunkrautung) oder die Wahl von Saat- und Pflanzzeitpunkt (z.B. späte Saat von Karotten, um die erste Generation der Möhrenfliege zu umgehen). Ähnlich verhält es sich bei der Sortenwahl. Es ist zwar sinnvoll, krankheits- und/oder schädlingsresistente Sorten zu verwenden, diese müssen aber auch auf den jeweiligen Standort passen. Daher ist es schwierig, eine Liste von Sorten festzulegen, für deren Anbau Punkte vergeben werden. Erschwerend kommt hinzu, dass einerseits Sortenunterschiede nicht immer ausreichend geklärt sind und andererseits bei den meisten Gemüsearten der Markt die Sorten bestimmt und der Handlungsspielraum des Betriebs klein ist.

Solche Massnahmen, welche relativ spezifisch wirken, können nur umgesetzt werden, wenn eine individuelle Betreuung der Betriebe stattfindet, wie dies beispielsweise im Modell- und Demonstrationsvorhaben von Helbig et al. (2021) erfolgte. Ähnlich zu unserer Massnahmenliste wurden im dem Projekt Checklisten erstellt mit Massnahmen, die durch Experten bewertet wurden (Peters et al., 2015). Im Unterschied zu unserem Punktesystem erfolgte die Bewertung jedoch standortspezifisch. Die Checklisten wurden dann auf dem Betrieb von einem Projektbetreuer zusammen mit dem Gemüseproduzenten ausgefüllt. Die Projektbetreuer führten auch die Kontrollen der Schaderregergruppen (Schädlinge, Krankheiten und Unkräuter) durch. Im Rahmen eines breit anwendbaren Punktesystems, wie es im vorliegenden Projekt entwickelt wurde, ist eine solch enge Begleitung der Betriebe zeitlich und personell jedoch nicht machbar.

Fazit

Die Wirksamkeit von vorbeugenden und nicht-chemischen Massnahmen kann im Gegensatz zum Einsatz von PSM nicht exakt beziffert werden. Zudem müssen in den meisten Fällen mehrere Massnahmen kombiniert werden, um einen wirksamen Schutz der Pflanzen zu erzielen. Selbst mit einer Kombination von alternativen Massnahmen sind Pflanzen oft weniger sicher vor starkem Schädlings- oder Krankheitsbefall geschützt als bei einer chemischen

Bekämpfung. Dies kann sich nicht nur auf die Erntemenge, sondern auch auf die Qualität auswirken. Um vermehrt auf PSM im Gemüsebau zu verzichten und stattdessen vorbeugende und nicht-chemische Massnahmen umzusetzen, wäre auch ein Prozess wünschenswert, bei dem die Qualitätsansprüche des Handels und der Konsumentinnen und Konsumenten überdacht und angepasst werden. Zudem ist weitere Forschung notwendig, um wirksame und praxistaugliche vorbeugende und nicht-chemische Massnahmen für die unterschiedlichen Schaderreger in den verschiedenen Gemüsekulturen zu entwickeln. Die Erfahrung und das Vertrauen in vorbeugende und nicht-chemische Massnahmen muss bei den Gemüsebetrieben gestärkt werden, damit daraus auch ein Verzicht vom PSM resultiert. Zudem könnten Synergien zwischen dem bereits etablierten Punktesystem «Biodiversität» und dem neu entwickelten Punktesystem «Pflanzenschutz Gemüse» genutzt werden. Die im Projekt erstellte Massnahmenliste und deren Bewertung soll dazu beitragen, das Wissen um vorbeugende und nicht-chemische Massnahmen zu verbessern und die Betriebe entsprechend zu sensibilisieren.

4.2 Reduktion Risiken chemischer Pflanzenschutz

Zusammenhang Negativpunkte und Umweltbelastung

Im Rahmen dieser Studie wurden PSM-Wirkstoffe entsprechend ihrem Risikopotenzial bewertet, um Anreize zu schaffen, auf risikoreiche PSM zu verzichten. Für die Entwicklung eines praxistauglichen Punktesystems wurden starke Vereinfachungen in der Risikoberechnung vorgenommen. Die den Negativpunkten zugrundeliegenden Risikoscores werden anhand einer normierten Anwendung berechnet, die auf einer mittleren Aufwandmenge über alle zugelassenen Indikationen beruht (Korkaric et al. 2022). Damit wird der negative Effekt, der durch den Einsatz von einer bestimmten Wirkstoffmenge entsteht, für jede Kultur gleich bewertet, auch wenn in Realität eine PSM-Applikation bei verschiedenen Kulturen zu unterschiedlichen PSM-Einträgen in die Umwelt führen kann. Die lokale Situation einer Parzelle wird ebenfalls nicht berücksichtigt, beispielsweise ob eine Parzelle in der Nähe eines Gewässers oder eines besonders schützenswerten naturnahen Habitats liegt. Für solche detaillierten Betrachtungen und auch, um produktspezifische Risikominderungsmaßnahmen berücksichtigen zu können (die häufig bei Wirkstoffen mit einer hohen Anzahl Negativpunkten verfügt wurden), müssten andere Modelle verwendet werden, beispielsweise das Risikomodell SYNOPS (de Baan, 2020; Gutsche & Strassemeyer, 2007). Für ein allgemein anwendbares Punktesystem können solche spezifischen Aspekte jedoch nicht berücksichtigt werden.

PSM-Wirkstoffe mit den höchsten Negativpunkten stammten aus der Gruppe der Insektizide, gefolgt von Herbiziden. Fungizide wiesen tendenziell geringere Negativpunkte auf. Insgesamt zeigten sich grosse Unterschiede in den Risiko- und Belastungspotenzialen verschiedener Wirkstoffe und nur wenige Wirkstoffe wiesen hohe Negativpunkte auf. Die Ergebnisse erklären sich zum einen durch eine hohe Ökotoxizität einiger Insektizide, besonders der Pyrethroide, die sowohl für Oberflächengewässer, als auch für naturnahe Lebensräume mit Abstand die höchsten Risikopotenziale aufwiesen. Die wichtige Rolle der Insektizide wird bestätigt von Beobachtungen im Schweizer Gewässermonitoring, in denen Insektizide den Grossteil des Gesamtrisikos verursachen (Daouk et al., 2022; Rösch et al., 2019). Bei den Fungiziden wird allerdings diskutiert, ob die ökotoxikologische Bewertung ähnlich konservativ ist wie bei Insektiziden und Herbiziden, da standardmässig keine aquatischen oder terrestrischen Pilze berücksichtigt werden, weil hierzu keine einheitliche Datenbasis existiert (Ittner et al., 2018). Um Unsicherheiten im gewählten Bewertungsansatz zu begegnen, wurde eine Mindestpunktzahl im Punktesystem eingeführt. Damit wird – nach dem Vorsorgeprinzip – jede PSM-Applikation negativ bewertet, auch wenn ein Wirkstoff nach heutigem Wissenstand sehr tiefe Umweltrisiken aufweist. Dadurch wird ein zusätzlicher Anreiz geschaffen, auf möglichst viele PSM-Anwendungen zu verzichten.

Für die Grundwasserbelastung waren vor allem Herbizide und Fungizide, und weniger Insektizide von Bedeutung, da hier nicht die Toxizität der Wirkstoffe, sondern nur die modellierten Konzentrationen ihrer Metaboliten (Abbauprodukte) ausschlaggebend sind. Die Bewertung der Grundwasserbelastungspotenziale zeigte eine gute Übereinstimmung mit den bei Grundwasseruntersuchungen auffälligen Metaboliten von PSM (Kiefer et al., 2019; Korkaric et al., in Vorbereitung).

Wirkstoffe mit einer hohen Anzahl an Negativpunkten waren nicht nur in Umweltuntersuchungen auffällig. Auch Ergebnisse aus der gezielten Überprüfung von zugelassenen PSM (GÜ¹) belegen ein besonderes Risikopotenzial

¹ <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/nachhaltige-produktion/pflanzenschutz/pflanzenschutzmittel/zugelassene-pflanzenschutzmittel.html>

dieser Wirkstoffe. So haben einige Wirkstoffe in den letzten Jahren bereits die Zulassung verloren (z.B. Chlorpyrifos, Chlorothalonil), ihre Anwendung im Freiland wurde verboten (z.B. Imidacloprid), oder es wurden Anwendungsaufgaben zur Minderung der Einträge durch Abdrift und/oder Abschwemmung erlassen (z.B. Pyrethroide). Aufgrund der guten Übereinstimmung der Negativpunkte mit den Ergebnissen prospektiver und retrospektiver Risikobeurteilungen kann vermutet werden, dass trotz der vorgenommenen Vereinfachungen mit der Einführung eines PSM-Punktesystems Anreize geschaffen werden können, um die Anwendung von Wirkstoffen mit ungünstigem Umweltprofil zu reduzieren.

Gewichtung der Umweltkompartimente

Um Negativpunkte herzuleiten wurden die normierten Risiko-/Belastungspotenziale von PSM-Wirkstoffen, über die drei Umweltkompartimente Oberflächengewässer, naturnahe Lebensräume und Grundwasser zu gleichen Teilen aggregiert statt sie einzeln auszuweisen. Somit sollte eine bessere Praxistauglichkeit erreicht werden, indem Landwirtinnen und Landwirte nicht mit drei sondern nur mit einem Bewertungskriterium pro Wirkstoff konfrontiert werden. Mit dieser 1:1:1 Gewichtung macht die Bewertung bezüglich Oberflächengewässern und naturnahen Lebensräumen (mit tendenziell hohen Risikoscores für Insektizide) rechnerisch zwei Drittel der Negativpunkte aus. Das Grundwasser, bei dem vor allem Herbizide und Fungizide hohe Risikoscores aufwiesen, machte ein Drittel der Negativpunkte aus. Eine alternative Gewichtung wurde hier nicht getestet, da auch beim «Absenkpfad» keine Priorisierung für einen der drei betrachteten Umweltkompartimente vorgenommen wurde.

Spannbreite der Umweltrisiken

Am Beispiel der Karotten zeigte sich, dass es durchaus eine Spannbreite bei der Anzahl an PSM-Anwendungen und dem damit verbundenen Umweltrisiko gibt. Die Wahl des PSM spielt ebenfalls eine Rolle. Für die zwei Betriebe mit besonders hoher Zahl an Negativpunkten liess sich aus den Daten nicht entnehmen, ob ein aussergewöhnlich hoher Schädlingsbefall zugrunde lag oder ob die hohe Zahl von Negativpunkten aus anderen Gründen zustande kam (zum Beispiel Vorsichtsmassnahmen oder Routine). Sehr hohe Negativpunkte wurden fast immer durch den Einsatz von Lambda-Cyhalothrin verursacht. Eine Spritzfolge ohne diesen Wirkstoff würde in vielen Fällen die Anzahl an Negativpunkten am effektivsten senken. Viele andere Insektizide sind allerdings mit ähnlich hohen Negativpunkten belegt, sodass es schwierig ist, ein risikoärmeres Mittel mit ähnlicher Wirksamkeit zu verwenden.

Punktesystem und agrarpolitische Massnahmen

Die im Projekt gewählte Methodik und Datengrundlage stützt sich auf die Bewertungen, welche für die Weiterentwicklung der ÖLN-Richtlinien (Korkaric et al., 2020) und für die Risikoindikatoren zur Überprüfung des Absenkpfeils («Bundesgesetz über die Verminderung der Risiken durch den Einsatz von Pestiziden») gemacht wurden (Korkaric et al., in Vorbereitung). Somit ist sichergestellt, dass ein PSM-Punktesystem auf einer ähnlichen Bewertungsgrundlage aufgebaut ist, wie sie für die Umsetzung oder Bewertung verschiedener Massnahmen in der Schweizer Agrarpolitik vorgesehen ist. Dies erhöht einerseits die Bedeutung des Punktesystems für die Praxis und kann andererseits eine unterstützende Rolle für die Agrarpolitik spielen. Andererseits hat sich gezeigt, dass viele der Wirkstoffe mit hohen Negativpunkten nur noch eingeschränkt verwendbar sind, da die Zulassung eingeschränkt oder entzogen wurde oder die Verwendung im Rahmen vom ÖLN ab 2023 eingeschränkt wird. Vor der Implementierung eines Punktesystems müsste daher geprüft werden, ob die Skalierung der Wirkstoffe nochmals neu berechnet wird, mit den aktuell im Gemüsebau zugelassenen Wirkstoffen. Somit würde gewährleistet, dass weiterhin sichtbare Unterschiede zwischen den Wirkstoffen in den Negativpunkten bestehen und Anreize für einen Verzicht auf die Wirkstoffe mit erhöhten Negativpunkten gesetzt werden.

Fazit

Die Risiken von PSM können einerseits durch die Verringerung von Anwendungen gesenkt werden. Hierfür ist vor allem die Wirksamkeit vorbeugender und nicht-chemischer Massnahmen ausschlaggebend. Andererseits können

die potenziellen Umweltrisiken durch die Substitution von risikoreichen Wirkstoffen reduziert werden. Die berechneten Negativpunkte bilden diese potenziellen Umweltrisiken ab. Das Punktesystem kann somit dazu beitragen, den Betrieben aufzuzeigen, bei welchen PSM hohe Umweltrisiken bestehen. Diese Mittel können entsprechend vermieden werden. Allerdings hängt die Möglichkeit zur Substitution in der Praxis auch von den alternativ zur Verfügung stehenden Mitteln oder Massnahmen ab.

4.3 Förderung risikomindernder Massnahmen

Neben einer Umstellung vom chemischen auf nicht-chemischen Pflanzenschutz und dem Verzicht auf PSM mit erhöhten Risiken können Risiken auch durch Massnahmen zur Emissionsminderung gesenkt werden. Die im Projekt zusammengestellten RMM wirken auf sämtliche Eintragspfade von PSM in die Umwelt und damit auf verschiedene Umweltkompartimente und Organismengruppen. Für Einträge in naturnahe Lebensräume wird davon ausgegangen, dass Drift eine dominante Rolle spielt (Korkaric et al., 2022). Massnahmen zur Driftreduktion dienen daher insbesondere dem Schutz terrestrischer Arthropoden, Nichtzielpflanzen und Honigbienen. Die übrigen Massnahmen wirken auf Punktquellen, Run-off und Kurzschlüsse und tragen damit zur Reduktion von Einträgen in Oberflächengewässer bei, da diese drei Eintragspfade geschätzt zusammen rund 84 % der Einträge in Oberflächengewässer ausmachen (Korkaric et al., 2022). Speziell für Vögel und Säuger konnten keine RMM eruiert werden, die für das Punktesystem geeignet wären, da diese Massnahmen insbesondere auf die Einarbeitung von gebeiztem Saatgut oder PSM in Form von Granulaten abzielen, was für die meisten PSM ohnehin in den entsprechenden Auflagen geregelt ist. Im Falle von Amphibien läuft zurzeit ein Projekt an Agroscope mit dem Ziel verschiedene praxistaugliche Risikominderungsmassnahmen zu eruiieren. Die Ergebnisse dieses Projektes stehen vermutlich erst ab 2023 zur Verfügung. Sie könnten zukünftig aber bei einer Überarbeitung des Punktesystems berücksichtigt werden.

Generell kann bei allen Eintragspfaden das Risiko gesenkt werden, wenn die Aufwandmenge und Anzahl der Applikationen reduziert werden. Da dies bereits über die anderen beiden Teile des Punktesystems abgedeckt werden, sind sie nicht mehr bei den RMM berücksichtigt.

Betriebsspezifische Massnahmen

Da die Relevanz einzelner PSM-Emissionen sich je nach betrieblichen und örtlichen Begebenheiten stark unterscheidet, ist ein weiterer Ansatzpunkt ein Konzept für eine betriebsspezifische Beratung zum Thema «Pflanzenschutzmittel und Gewässer», welches zurzeit von Agridea entwickelt wird (<https://pflanzenschutzmittel-und-gewaesser.ch/betriebsspezifisches-beratertool/>). Darin sollen u.a. sämtliche PSM-Eintragspfade auf dem gesamten Betrieb evaluiert werden und für den Betrieb spezifische Massnahmen zur Reduktion der PSM-Emissionen in die Umwelt aufgezeigt werden. Eine solche Beratung könnte in ein Punktesystem integriert werden, z.B. indem Punkte für die Teilnahme und die Umsetzung der für den Betrieb vorgeschlagenen Massnahmen vergeben werden. Als Grundanforderung zur Teilnahme am Label eignet sich das System zum jetzigen Zeitpunkt allerdings noch nicht, da Fragen zu Kosten- und Zeitaufwand sowie ausreichender regionaler Verfügbarkeit noch nicht geklärt sind.

Fazit

Mit dem Punktesystem könnten Massnahmen zur flexiblen Reduktion der Emissionen von PSM gefördert werden, die über die gesetzlichen Anforderungen hinaus gehen. Risikomindernde Massnahmen können, wenn sie am richtigen Ort und Zeit eingesetzt werden, einen grossen Beitrag zur Risikoreduktion leisten. Wenn möglich, ist eine betriebsspezifische Risikoanalyse einem allgemeinen Punktesystem vorzuziehen. Ist dies nicht möglich, liefern die hier aufgeführten RMM Hinweise, welche Massnahmen zur Verfügung stehen und wie wirksam sie sind. Wichtig ist dabei, dass die RMM aus der Liste korrekt umgesetzt werden, denn nicht alle Massnahmen machen überall Sinn. Das hier erstellte Bewertungssystem für RMM soll auch der Sensibilisierung der Betriebe für mögliche Einträge von PSM in die Umwelt und den zur Verfügung stehenden Massnahmen zur Risikoreduktion dienen. Mit der Einführung der neuen ÖLN-Richtlinie ab 2023 werden gewisse RMM bereits verpflichtend werden.

4.4 Entwicklung und Test des Gesamtpunktesystems

Die drei Bewertungssysteme wurden getrennt belassen und nicht zu einem Gesamtpunktesystem verrechnet. Dies hat den Vorteil, dass die Bewertung transparenter und nachvollziehbarer ist und den Betrieben eine bessere Planbarkeit ermöglicht, da die Punkte für gewählte Massnahmen einfacher vorhersehbar sind. Wenn alle drei Bereiche miteinander zu einer Gesamtpunktzahl verrechnet würden, könnte zudem der Einsatz von PSM mit hohem Umweltrisiko durch die Umsetzung vieler vorbeugender und nicht-chemischer Massnahmen kompensiert werden, wodurch das Ziel der Risikoreduktion verfehlt würde.

In der Betriebsumfrage zeigte sich nicht wie erwartet, dass Betriebe welche viele vorbeugende und nicht-chemische Massnahmen umsetzen auch einen geringeren Einsatz an PSM oder tiefere Risiken aufweisen. Dies könnte zwei mögliche Gründe haben. Einerseits kann bei einem hohen Krankheits- und Schädlingsdruck auf einem Betrieb die Wirkung von vorbeugenden und nicht-chemischen Massnahmen allein nicht ausreichen, weshalb zusätzlich viele PSM eingesetzt werden. Andererseits können Betriebe versuchen, sich maximal vor Ertragsausfällen zu schützen, indem sie ihre Kulturen sowohl mit alternativen Massnahmen als auch mit PSM optimal schützen. Für solche Betriebe könnte das erarbeitete Punktesystem Anreize schaffen, um nach Möglichkeit auf den Einsatz von risikoreichen chemischen PSM zu verzichten.

4.5 Herausforderungen bei Implementierung des Punktesystems

Im Rahmen dieses Projektes wurden die wissenschaftlichen Grundlagen für ein Punktesystem für einen risikoreduzierten Pflanzenschutz im Gemüsebau erarbeitet. Falls ein solches Punktesystem im Rahmen des IP-SUISSE Labelprogramms künftig implementiert werden sollte, bestehen verschiedene Herausforderungen. Nachfolgend werden diese Schwierigkeiten diskutiert und mögliche Lösungsansätze aufgezeigt.

4.5.1 Schrittweises Vorgehen

Im Laufe des Projekts wurde bekannt, dass sich ab 2023 die Richtlinien für den ökologischen Leistungsausweis (ÖLN) ändern werden. Vorgesehen ist dabei unter anderem die Einschränkung von PSM mit erhöhtem Risikopotenzial und obligatorische Risikominderungsmaßnahmen. Da das Punktesystem einen Anreiz über die ÖLN-Anforderungen hinaus bieten soll, haben sich dadurch die Rahmenbedingungen für das hier entwickelte PSM-Punktesystem stark verändert. Um den Betrieben Zeit zu geben, sich an die neuen Rahmenbedingungen anzupassen und Erfahrungen mit alternativen Massnahmen zu sammeln, könnte ein schrittweises Vorgehen sinnvoll sein.

Punkte aufzeichnen: In einem ersten Schritt kann es sinnvoll sein, dass die Betriebe die vorbeugenden, chemischen und risikomindernden Massnahmen aufzeichnen, ohne dass dabei bereits eine Mindest-/Maximalpunktzahl erreicht werden soll. Laut IP-SUISSE wurde dieses Vorgehen auch bei der Einführung von anderen Punktesystemen gewählt. Somit werden die Betriebe für die Thematik sensibilisiert, können erste Erfahrungen mit dem Punktesystem sammeln und lernen, welche vorbeugenden Massnahmen auf der Kultur potenziell wirksam wären, welche chemischen PSM besonders risikoreich sind und welche RMM besonders effektiv wären.

Hierzu müsste von IP-SUISSE die nötige technische Infrastruktur bereitgestellt werden, um die Daten elektronisch erfassen zu können. Für die Berechnung der Negativpunkte vom chemischen Pflanzenschutz werden PSM-Anwendungen vom Feldkalender in elektronischer Form benötigt. Wie eine Umfrage bei IP-SUISSE Gemüseproduzenten im Sommer 2020 im Rahmen dieses Projektes zeigte, erfassen momentan jedoch nur gut die Hälfte (16 von 29 Betrieben, welche geantwortet haben) ihre Feldkalender digital, 13 Betriebe gaben an, die Feldkalender auf Papier zu erfassen. Der elektronische Feldkalender von IP-SUISSE wird von den Gemüsebetrieben kaum genutzt. Es besteht somit einerseits die Herausforderung, eine technische Infrastruktur zur Verfügung zu stellen, bei der die Daten nur einmalig erfasst werden müssen und für verschiedene Zwecke genutzt werden können. Andererseits müssen viele Betriebe von einer manuellen auf eine digitale Erfassung ihrer Feldkalender umsteigen. Laut einer Studie von Reissig et al. (2022) ist für eine erfolgreiche Digitalisierung die Einstellung der Landwirte gegenüber Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT), die IKT-Kompetenz, die Nutzung externer Unterstützung, die Arbeitsorganisation und die IKT-Infrastruktur entscheidend. Da im Rahmen des «Bundesgesetzes über die Verminderung der Risiken durch den Einsatz von Pestiziden» in wenigen Jahren eine digitale Erfassung

von PSM-Anwendungen obligatorisch wird, besteht jedoch auch seitens der Agrarpolitik der Anreiz, auf digitale Feldkalender umzustellen.

Für die vorbeugenden und risikomindernden Massnahmen müssen zusätzliche Daten erfasst werden, welche nicht im Rahmen des ÖLN aufgezeichnet werden müssen. Dies stellt eine weitere Herausforderung dar.

Punktgrenzen festlegen: In einem nächsten Schritt müssen die Mindestanforderungen für vorbeugende und nicht-chemische Massnahmen und für RMM sowie die Obergrenze für Negativpunkte festgelegt werden. Die Resultate der Betriebsumfrage zeigen, dass kulturspezifische Grenzen sinnvoll sind, da verschiedene Gemüsekulturen unterschiedliche Ansprüche an den Pflanzenschutz stellen. Um solche Grenzen für die zu erreichende Punktzahl festzulegen, muss zunächst ein Referenzwert und damit der «Ist-Zustand» erfasst werden. Daher wird vorgeschlagen, die Daten wie oben beschrieben zu erfassen und daraus die zukünftigen Anforderungen abzuleiten. Da der Einsatz von PSM stark schwanken kann, sollte mehr als ein Referenzjahr gewählt werden. Dabei ist eine schrittweise Anhebung – bzw. für die Negativpunkte eine Absenkung – der Grenzen sinnvoll, wie dies auch beim Punktesystems Biodiversität von IP-SUISSE bereits gemacht wird.

Kontrolle und Sanktionierung: Einerseits müssen die Produzentinnen und Produzenten vor der Anbauperiode zu Planungszwecken berechnen können, ob mit den geplanten Massnahmen das Punktesoll erreicht werden kann. Allerdings müssen die Massnahmen anschliessend an die tatsächliche Situation auf dem Feld angepasst werden (Witterungsverhältnisse, Krankheits- und Schädlingsbefall, etc.). Die definitiven Punkte können deshalb erst nach der Ernte berechnet werden, wenn feststeht, welche Massnahmen tatsächlich durchgeführt wurden. Die Kontrolle, ob die Labelanforderungen erfüllt wurden, kann daher auch erst zu diesem Zeitpunkt erfolgen. Sollten Punkte nicht erreicht werden, liegt es im Ermessen des Labels, Sanktionen zu ergreifen. Auch sollte definiert werden, ob Ausnahmen in Jahren mit aussergewöhnlich hohem Schädlings- oder Krankheitsdruck gemacht werden sollen, in denen die vorgeschriebenen Punkte nicht ohne die Gefahr grösserer Ertragsausfälle erreicht werden können.

4.5.2 Aktualisierung des Punktesystems

Da sich die Rahmenbedingungen für den chemischen PSM-Einsatz (z.B. Zulassung von PSM, ÖLN-Richtlinien) laufend ändern und im Bereich vorbeugende und nicht-chemische sowie risikomindernde Massnahmen neue Erkenntnisse und Massnahmen aus laufenden Forschungsprojekten erwartet werden, ist eine Aktualisierung des Punktesystems in regelmässigen Intervallen empfehlenswert.

Bei den **vorbeugenden und nicht-chemischen Massnahmen** sollten auch in Zukunft Rückmeldungen aus der Praxis berücksichtigt werden, um allenfalls besonders geeignete Massnahmen höher zu gewichten. Im Projekt wurden einige Massnahmen als noch nicht praxistauglich eingestuft, da Erfahrungswerte fehlten. Insbesondere bei diesen Massnahmen sollte die Forschung und Entwicklung weiter beobachtet werden, um sie zu gegebener Zeit in das Punktesystem aufzunehmen. Falls zusätzliche Gemüsekulturen bewertet werden sollen, können die vorbeugenden und nicht-chemischen Massnahmen, welche für alle Kulturen anwendbar sind, verwendet werden. Neue kulturspezifische Massnahmen könnten zu einem späteren Zeitpunkt, in einem Aktualisierungsschritt, hergeleitet und bewertet werden.

Um die **Umweltrisiken von PSM** auch in künftigen Jahren zu bewerten, sollten neu zugelassene Wirkstoffe mit der hier beschriebenen Methodik bewertet und mit den entsprechenden Negativpunkten dem Punktesystem hinzugefügt werden. Zudem ist zu prüfen, ob die Wirkstoffe mit den höchsten Punktzahlen noch zugelassen sind, und ob die Punkte allenfalls neu skaliert werden sollen mit den aktuell zugelassenen Wirkstoffen. Die Normierung der Wirkstoffe kann pro Umweltkompartiment durchgeführt werden (das heisst, für Oberflächengewässer, naturnahe Lebensräume und Grundwasser), damit jeder Bereich einen Maximalwert von 10 aufweist.

Bei den **Risikominderungsmassnahmen** (RMM) sollten neue Erkenntnisse zu wirkungsvollen Massnahmen zukünftig berücksichtigt werden, und neue Risikominderungsmassnahmen, beispielsweise zum Schutz von Amphibien, mit in die Massnahmenliste aufgenommen werden. Wenn gewisse RMM obligatorisch werden, wie dies beispielsweise nun im Rahmen des ÖLN ab 2023 der Fall ist, dann sollten für diese Massnahmen keine Punkte vergeben werden und die Punkte allenfalls neu skaliert werden.

4.5.3 Monitoring der Entwicklung von PSM Einsatz und Risiken

Eine Grundannahme im Projekt ist, dass man mit der Umsetzung vorbeugender und nicht-chemischer Pflanzenschutzmassnahmen den Einsatz chemischer PSM reduzieren kann. Wo der Einsatz dennoch nötig ist, sollen nach Möglichkeit Wirkstoffe mit niedrigerem Umweltrisikopotenzial verwendet werden (Substitution). Es wird also erwartet, dass sowohl der Behandlungsindex (als Mass für die Intensität des PSM-Einsatzes), als auch die Umweltrisiken (repräsentiert durch die Anzahl an Negativpunkten für den PSM-Einsatz) durch eine vermehrte Umsetzung präventiver Massnahmen reduziert werden können.

Um den Erfolg eines PSM-Punktesystems zu belegen, ist zunächst eine möglichst vollständige Aufzeichnung der PSM-Applikationen nötig (Betrieb, Kultur, Parzelle, Parzellenfläche, PSM-Produkt, Dosierung, behandelte Fläche). Im einfachsten Fall liessen sich basierend auf solchen Daten zeitliche Trends der Behandlungsindices, sowie der Negativpunkte, belegen. Da die hier untersuchten Kulturen einen sehr unterschiedlichen Bedarf an chemischen und nicht-chemischen Pflanzenschutz stellen, sollte die Auswertung möglichst pro Kultur erfolgen. Werden Anwendungen pro Betrieb summarisch erfasst, könnten Trends v.a. von der Auswahl der angebauten Kulturen abhängen.

Mit einem Monitoring kann aufgezeigt werden, welche Ziele bei der Reduktion von PSM-Einsatz und PSM-Risiken erreicht wurden. Es erhöht die Glaubwürdigkeit eines Labels und hilft somit den Mehrwert gegenüber Handelspartnern und Konsumentinnen und Konsumenten zu kommunizieren. Mit Monitoring kann zudem näher untersucht werden, welche vorbeugenden und nicht-chemischen Massnahmen und RMM häufig oder selten umgesetzt wurden und wie gut diese gewirkt haben. Basierend auf diesen Ergebnissen kann eine Justierung der Massnahmen und der Punktebewertung vorgenommen werden.

4.5.4 Mögliche Vereinfachungen

Um ein neues Punktesystem zu implementieren, muss es von den Betrieben akzeptiert werden, damit sich genügend Betriebe daran beteiligen. Ist das Punktesystem zu ambitioniert, sinkt tendenziell die Akzeptanz, es sei denn, die Abnahmebedingungen für die Produkte durch den Handel und Konsum werden entsprechend angepasst. Ein zu grosser administrativer Aufwand kann auch zu einer verminderten Attraktivität des Punktesystems führen. Für die Berechnung der Punkte sind jedoch relativ viele Daten notwendig: pro Kultur und Jahr müssen alle relevanten Pflanzenschutz-Massnahmen (chemisch und nicht-chemisch sowie RMM) elektronisch erfasst werden, was über obligatorische Aufzeichnungen im ÖLN hinausgeht. Da das Punktesystem für die Betriebe einfach und verständlich und die Dateneingabe mit möglichst wenig Aufwand zu bewältigen sein sollte, werden im Folgenden Möglichkeiten zur Vereinfachung diskutiert.

Der grösste administrative Aufwand besteht darin, alle Massnahmen pro Kultur und Schlag zu erfassen, statt wie beispielsweise im bestehenden Punktesystem Biodiversität pro Betrieb. Dies stellt vor allem für Produzentinnen und Produzenten mit mehreren Kulturen und Parzellen eine Herausforderung dar. Allerdings können die Massnahmen nicht auf den gesamten Betrieb bezogen werden, da nicht für jede Gemüseart die gleichen Massnahmen sinnvoll sind. Als Alternative ist eine Erfassung der Punkte pro Kultur denkbar. Die Punkte für umgesetzte Massnahmen werden dann entsprechend dem Anteil an der Gesamtfläche der Kultur berechnet. Hierbei bietet sich eine grobe Einteilung an, sodass die Betriebe lediglich angeben müssen, ob sie die Massnahme auf beispielsweise mindestens 25 %, 50 %, 75 % oder auf der gesamten Fläche der Kultur durchgeführt haben. Ein ähnlich pragmatischer Ansatz wurde in dem kürzlich eingeführten Nachhaltigkeitsprogramm für Schweizer Obst gewählt, in dem ebenfalls Punkte für Massnahmen vergeben werden und dafür nur ein Datenblatt für die gesamte Kernobstfläche ausgefüllt werden muss (www.swissfruit.ch/de/nachhaltigkeitsprogramm-einigung-mit-handel/).

Eine weitere Vereinfachung besteht darin, dass die Negativpunkte nicht auf die tatsächlich applizierte Menge an PSM gerechnet wird, sondern dass es für jedes Produkt eine Negativpunktzahl gibt, die sich auf die durchschnittliche Anwendungsmenge bezieht. Somit müssten die Betriebe nur angeben, wie oft sie welches Produkt eingesetzt haben. Diese Lösung bietet sich vor allem dann an, wenn keine Möglichkeit besteht, die Daten für die PSM-Aufzeichnungen automatisch für das Punktesystem zu übernehmen. Es gehen jedoch wichtige Informationen zur Aufwandmenge von PSM verloren, welche doch einen Einfluss auf die Risiken haben.

5 Schlussfolgerung

Im Projekt wurden die Grundlagen für ein Punktesystem gelegt, das Anreize schaffen soll, den Einsatz und die Risiken von PSM im Freilandgemüsebau zu reduzieren. Das Punktesystem beinhaltet Punkte für vorbeugende und nicht-chemische Massnahmen, für Risikominderungsmassnahmen sowie für die Umweltrisiken von PSM. Pflanzenschutz im Gemüsebau ist sehr komplex. Die Stärke des Punktesystems besteht darin, dass Betriebe den Spielraum haben, individuell Massnahmen umzusetzen, die auf ihren Betrieb passen. Die Anwendung des Punktesystems erfordert jedoch einiges an zeitlichem und administrativem Aufwand hinsichtlich Umsetzung der Massnahmen, Aufzeichnung und Kontrolle. Damit sich dieser Mehraufwand lohnt und sich genügend Betriebe am Punktesystem beteiligen, sollten die Teilnahmebedingungen an einem Label-Programm (z.B. via Marktzugang, Preisprämie) genug attraktiv sein. Da vorbeugende und nicht-chemische Massnahmen nicht immer die gleiche Wirksamkeit aufweisen wie chemische Massnahmen, wäre zur Erreichung eines stark reduzierten PSM-Einsatzes und den damit verbundenen Risiken auch ein Prozess wünschenswert, bei dem die Qualitätsansprüche des Handels und der Konsumentinnen und Konsumenten überdacht und angepasst werden.

Ausblick

Die Massnahmen im Pflanzenschutz entwickeln sich laufend weiter. Zukünftig werden mehr Daten zu vorbeugenden und nicht-chemischen Massnahmen vorhanden sein; unter anderem, da in der EU derzeit zwei Projekte dazu durchgeführt werden (<https://ipmworks.net/>; <https://www.ipmdecisions.net/>). Es wird erwartet, dass zunehmend digitale Technologien genutzt werden, zum Beispiel im Bereich der mechanischen Unkrautbekämpfung (Ammann et al., 2022). Des Weiteren werden auch neue Risikominderungsmassnahmen erarbeitet, zum Beispiel zum Schutz von Amphibien (in einem Projekt, welches von Agroscope durchgeführt wird). Ein solches Punktesystem sollte daher nicht als starres System angesehen werden, sondern als Prozess. Ein regelmässiges Update mit den entsprechenden Anpassungen an die neu entwickelten und an die aktuellen (politischen) Rahmenbedingungen ist ratsam.

6 Danksagung

Wir danken IP-SUISSE und insbesondere Mirjam Lüthi für die Zusammenarbeit. Für ihre Unterstützung bedanken wir uns bei der Projektoberleitung, bestehend aus Vertretern von IP-SUISSE, SV-Group, Denner, WWF, BLW und Agroscope. Ein weiterer Dank geht an die Teilnehmenden der Expertenumfrage, des Experten-Workshops und an zwei interviewte Produzenten für die Mitarbeit bei der Auswahl und Bewertung der vorbeugenden und nicht-chemischen Massnahmen. Unser Dank gilt auch allen IP-SUISSE-Produzenten, die uns im Rahmen der Betriebsumfrage ihre Daten zum Pflanzenschutz zur Verfügung gestellt haben. Des Weiteren möchten wir uns beim BLW für die Finanzierung des Projektes bedanken.

7 Referenzen

- Agroscope. (2013). *Die Tomatenminiermotte: Chronik einer vermiedenen Katastrophe*. Agroscope Pressemitteilung vom 29.07.2013.
- Ammann, J., Umstätter, C., & El Benni, N. (2022). Prognosen zur Nutzung digitaler Technologien im Schweizer Freilandgemüsebau. *Agrarforschung*, 13, 34-40.
- Bachmann, D. (2016). *Kulturblatt Speisekürbis*. <https://www.strickhof.ch/publikationen/kulturblatt-speisekuerbis/>
- Bachmann, D. (2021). *Krankheitsmodelle im Gemüsebau – zaghafte Schritte vorwärts*. Strickhof. <https://www.strickhof.ch/publikationen/krankheitsmodelle-im-gemuesebau-zaghafte-schritte-vorwaerts/>
- Bayer. (2020a). *Krankheiten im Gemüsebau: Buschbohnen*. <https://quiz.bayer.at/gemuese/krankheiten/k/56523-buschbohnen.html> (Stand 17.08.2020)
- Bayer. (2020b). *Krankheiten im Gemüsebau: Spinat*. <https://quiz.bayer.at/gemuese/krankheiten/k/22194-spinat.html> (Stand 17.08.2020)
- Bedlan, G. (2010). Die Schwarzfleckenkrankheit der Karotten. *Gemüsebaupraxis*, 5, 16. <https://studylibde.com/doc/7111704/kartoffelzeit---bundesgem%C3%BCsebauverband>
- Birrer, S., Zellweger-Fischer, J., Stöckli, S., Korner-Nievergelt, F., Balmer, O., Jenny, M., & Pfiffner, L. (2014). Biodiversity at the farm scale: A novel credit point system. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 197, 195-203.
- Bundesamt für Landwirtschaft. (2020). *Weisungen betreffend die Massnahmen zur Reduktion der Risiken bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln*.
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. (2019). *Schadorganismen im Gemüsebau*. www.oekolandbau.de/landwirtschaft/pflanze/grundlagen-pflanzenbau/pflanzenschutz/schaderreger/schadorganismen-im-gemuesebau/ (Stand: 10.03.2020=
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. (2014). Aktionsplan Pflanzenschutz im Obst- und Gemüsebau. <https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/AktionsplanPflanzenschutzObstGemuese.html>
- Buser, H., & Heller, W. (2010). Die Mehlkrankheit (*Sclerotium cepivorum*) (Berk.): eine Pilzkrankheit von Zwiebelgewächsen. *Agroscope Merkblatt*. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/21225>
- Buser, H., Heller, W., & Baur, B. (2012). Adernschwärze - eine Bakterienkrankheit von Kohlgewächsen. *Agroscope Merkblatt*. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/29604>
- Cissel, W. J., Mason, C. E., Whalen, J., Hough-Goldstein, J., & Hooks, C. R. (2015). Effects of brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) feeding injury on sweet corn yield and quality. *Journal of Economic Entomology*, 108(3), 1065-1071.
- Crüger, G. (2002). *Pflanzenschutz im Gemüsebau*. Ulmer (pp. 320).
- Daniel, C., Collier, R., Niggli, U., & Koller, M. (2018). Pest Management in Organic Field Vegetables in Temperate Areas. In *Handbook of Pest Management in Organic Farming* (pp. 443).
- Daouk, S., Doppler, T., Scheidegger, R., Kroll, A., Junghans, M., Moschet, C., & Singer, H. (2022). Insecticides dans les eaux de surface. Quels risques représentent les insecticides pyréthrinoïdes et organophosphorés en Suisse? *Aqua & Gas*, 102(4), 2-10.
- de Baan, L. (2020). Sensitivity analysis of the aquatic pesticide fate models in SYNOPSIS and their parametrization for Switzerland. *Science of the Total Environment*, 715, 136881.
- Eder, R., & Kiewnick, S. (2013). Nematodenschäden an Karotten. *Agroscope Merkblatt*. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/Page/Publication?einzelpublikationId=32426>
- Eder, R., & Kiewnick, S. (2015). *Ditylenchus dipsaci* im Feld- und Gemüsebau. *Agroscope Merkblatt*, 27.

- Eder, R., & Kiewnick, S. (2019). Nematoden im Freilandgemüsebau. *Agroscope Transfer*, 271.
- Eppenberger, D. (2020). *Mulchfolien müssen in den Boden*. die grüne. <https://www.diegruene.ch/artikel/pflanzenbau/mulchfolien-muessen-in-den-boden-356655>
- Erfurt, K. (2019). Ein neuer Virus gefährdet den Unterglas-Gemüseanbau. *BauernZeitung*.
- Fähndrich, S., Vogler, U., & Kölliker, U. (2011). Drahtwürmer – Möglichkeiten der Regulierung. *Agroscope Merkblatt*.
- Finch, S. (1993). Integrated pest management of the cabbage root fly and the carrot fly. *Crop protection*, 12(6), 423-430.
- Frankenberg, A., & Paffrath, A. (2004). *Nematoden im Ökologischen Gemüsebau*. Landwirtschaftskammer NRW.
- Frutschi, B., Gut, P., & Stüssi, S. (2014). *Pflanzenschutz im Gartenbau*. U. G. S. JardinSuisse.
- Fürnkranz-Tuvshintugs, M., Kastelliz, A., Pollan, S., Schmidt, H., Schneeberger, D., Vorderwülbecke, B., & Ziebell, H. (2017). *Bio-Grünerbsenanbau*. Ländliches Fortbildungsinstitut Österreich.
- Gilgen, A., Drobnik, T., Roesch, A., Mack, G., Ritzel, C., Iten, L., Flury, C., Mann, S., & Gaillard, G. (2022). Indikatorbasierte Direktzahlungen im Agrarumweltbereich. Schlussbericht ans Bundesamt für Landwirtschaft *Agroscope Science*, 136, 1-101.
- Guntern, J., Baur, B., Ingold, K., Stamm, C., Widmer, I., Wittmer, I., & Altermatt, F. (2021). Pestizide: Auswirkungen auf Umwelt, Biodiversität und Ökosystemleistungen. *Swiss Academies Factsheets* 16 (2).
- Gupta, R., & Pathak, V. (1988). Yield losses in onions due to purple blotch disease caused by *Alternaria porri*. *Phytophylactica*, 20(1), 21-23.
- Gutsche, V., & Strassemer, J. (2007). SYNOPSIS – Ein Modell zur Bewertung des Umweltrisikopotentials von chemischen Pflanzenschutzmitteln. *Nachrichtenblatt Deutscher Pflanzenschutzdienst*, 59, 197–210.
- Hedrich, T., & Rascher, B. (2017). Zuckermaisorten 'Idaho' F1, 'Goldcrest' F1, 'Sweet Wonder' F1 erzielen gute Kolbenqualität und hohen Ertrag. In *Versuche im deutschen Gartenbau 2017*.
- Helbig, J., Paap, M., Gummert, A., Schlage, B., Sellmann, J., Strassemer, J., Suhl, F., Pramschüfer, L., Heike Stosius, A. H., Eberhardt, G., & Kehlenbeck, H. (2021). *Modell- und Demonstrationsvorhaben „Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz“*. Abschlussbericht Teilprojekt „Koordination“.
- Heller, W., Rüegg, J., Eder, R., & Sauer, C. (2006a). *Pflanzenschutz in Zwiebeln: Falscher Mehltau der Zwiebel*. www.yumpu.com/de/document/read/6213383/pflanzenschutz-in-zwiebeln-teil-1-falscher-mehltau-der-zwiebel
- Heller, W., Rüegg, J., Eder, R., & Sauer, C. (2006b). *Pflanzenschutz in Zwiebeln: Thripse an Zwiebeln (Thrips tabaci, u.a.)*. Agroscope. www.yumpu.com/de/document/read/2855330/pflanzenschutz-in-zwiebeln-teil-2-thripse-an-zwiebeln-thrips
- Heller, W., & Zoller, C. (2008). *Colletotrichum*-Blattfleckenkrankheit bei Spinat. *Agroscope Merkblatt*. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/817>
- Hinrichs-Berger, J. (2013). Pilzkrankheiten in Kohlkulturen. In *Kohl: Aktuelle Versuchsergebnisse und Informationen aus Baden-Württemberg 2013* (pp. 69-77). Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau (LVG) Heidelberg.
- ISIP e.V. (2022). *Peronospora an Sommerrockenzwiebeln*. www.isip.de/isip/servlet/isip-de/entscheidungshilfen/gartenbau/zwiebeln/sommerzwiebeln
- Ittner, L. D., Junghans, M., & Werner, I. (2018). Aquatic fungi: a disregarded trophic level in ecological risk assessment of organic fungicides. *Frontiers in Environmental Science*, 6, 105.
- Jeymann, C. (2006). *Schad-Bilder: Rübenfliege an Spinat im Freiland*.
- Kastelein, P., Stilma, E. S., Elderson, J., & Köhl, J. (2007). Occurrence of *Rhexocercosporidium carotae* on cold stored carrot roots in the Netherlands. *European journal of plant pathology*, 117(3), 293-305.

- Keller, M., Haberey, P., Hodel, D., Collet, L., Steiner, R., Bucher, C., Möri, H., Wyssa, T., Duckert, F., Hauenstein, S., Matter, R., Anken, T., & Total, R. (2020). Spot Spraying im Gemüsebau – Deutliche Pflanzenschutzmittelreduktion möglich, aber anspruchsvoll. *Agroscope Transfer*, 353.
- Kesper, C., & Gysi, C. (2002). *Crop protection strategies in Switzerland* (Integrated and ecological crop protection, Issue. Applied Plant Research BV.
- Kesper, C., & Imhof, T. (1998). VEGINECO - eine erste Bestandesaufnahme: Anbauprobleme im Feldgemüsebau. *Der Gemüsebau / Le Maraîcher*, 60(5), 17-20.
- Kesper, C., Imhof, T., Hippe, C., & Gysi, C. (2001). VEGINECO - Empfehlungen für den Freilandgemüsebau. *Der Gemüsebau / Le Maraîcher*, 63(6), 18-20.
- Kiefer, K., Müller, A., Singer, H., Hollender, J., & Reinhardt, M. (2019). Pflanzenschutzmittel-Metaboliten im Grundwasser. *Aqua & Gas*, 11, 14-23.
- Kim, T. (2017). Drescherbsen – eine alternative Kultur. *UFA-Revue*, 1, 34-35.
- Klug, T. (2006). *Schädlingsmonitoring und Entwicklung von nachhaltigen Pflanzenschutzstrategien in Spinatkulturen*. Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover. <https://doi.org/10.15488/6723>
- Kofoet, A., & Deil, B. (2003). Falscher Mehltau an Spinat. *Gemüse*, 3, 32-34.
- Koller, M. (2018). *Pflanzenschutzempfehlungen für den Biogemüsebau*. Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL.
- Koller, M., Lichtenhahn, M., & Six, R. (2007). *Biologischer Anbau von Zwiebeln*. https://www.bioland.de/fileadmin/user_upload/Erzeuger/Fachinfos/Merkblaetter/MB_Zwiebeln.pdf
- Korkaric, M., Hanke, I., Grossar, D., Neuweiler, R., Christ, B., Wirth, J., Hochstrasser, M., Dubuis, P.-H., Kuster, T., Breitenmoser, S., Egger, B., Perren, S., Schürch, S., Aldrich, A., Jeker, L., Poiger, T., & Daniel, O. (2020). Datengrundlage und Kriterien für eine Einschränkung der PSM-Auswahl im ÖLN. *Agroscope Science*, 106. <https://doi.org/10.34776/as106g>
- Korkaric, M., Ammann, L., Hanke, I., Schneuwly, J., Lehto, M., Poiger, T., de Baan, L., Daniel, O., & Blom, J. F. (2022). Nationale Risikoindikatoren basierend auf dem Verkauf von Pflanzenschutzmitteln. *Agrarforschung Schweiz*, 13, 1-10.
- Korkaric, M., Ammann, L., Hanke, I., Schneuwly, J., Lehto, M., Poiger, T., de Baan, L., Daniel, O., & Blom, J. F. (in Vorbereitung). Weiterführende Analysen zur Berechnung der Nationalen Risikoindikatoren für Pflanzenschutzmittel. *Agroscope Science*.
- Kraul, J. (2019). *Raum-zeitliche Aspekte des Echten Gurkenmehltaus*. Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover.
- Kreiselmaier, J. (2004). *Maiszünsler (Ostrinia nubilalis) an Zuckermais*. DLR-Rheinpfalz.
- Labite, H., Butler, F., & Cummins, E. (2011). A review and evaluation of plant protection product ranking tools used in agriculture. *Human and Ecological Risk Assessment*, 17(2), 300-327.
- Lattauschke, G., & Laber, H. (2009). *Anbau von Industriegemüse*. L. u. G. Sächsisches Landesamt für Umwelt.
- Lebeda, A., & Cohen, Y. (2011). Cucurbit downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*) - biology, ecology, epidemiology, host-pathogen interaction and control. *European journal of plant pathology*, 129(2), 157-192.
- Lichtenhahn, M. (2020). *Tuta absoluta, ein neuer Tomatenschädling ist da*. <https://www.bioaktuell.ch/pflanzenbau/gemuesebau/pfschutz-gem/schaedlinge-gemuese/tuta-absoluta.html> (Stand 24.03.2020)
- Lundgren, J. G., & Fausti, S. W. (2015). Trading biodiversity for pest problems. *Science Advances*, 1(6), e1500558.
- Lutz, M. (2017). *Phytophthora* spp. auf Karotten. *Gemüsebau Info*, 1, 2.
- Lutz, M. (2020). [Persönliche Kommunikation]. Agroscope.

- Michel, V., Gilli, C., Jermini, M., & Heller, W. (2011). Bekämpfung des echten Mehltaus der Tomate. *Agroscope Merkblatt*. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/27407>
- Musa, T., Jenny, E., Forrer, H.-R., & Vogelgsang, S. (2011). Fusarien und Mykotoxine bei Körnermais in der Schweiz. *Agrarforschung*, 2(11-12), 520-525.
- Paap, M., Helbig, J., Gummert, A., & Kehlenbeck, H. (2020). Erfahrungen mit nichtchemischen Unkrautbekämpfungsverfahren in den Demonstrationsbetrieben integrierter Pflanzenschutz. *Julius-Kühn-Archiv*, 464, 246-254.
- Peters, M., Freier, B., Holst, F., Goltermann, S., & Büttner, C. (2015). Die Anwendung einer Checkliste zur Bewertung der Umsetzung des integrierten Pflanzenschutzes in den Demonstrationsbetrieben integrierter Pflanzenschutz im Ackerbau am Beispiel Mecklenburg-Vorpommern. *Gesunde Pflanzen*, 67(1), 33-44.
- Pfiffner, L., Luka, H., & Schlatter, C. (2005). Funktionelle Biodiversität, Schädlingsregulation gezielt verbessern. *Ökologie & Landbau*, 2(134), 51-53.
- Rabus, N. (2016/2019). Speisewiebel / *Fusarium oxysp. Cepae* (Basalfäule), Sorten. *Versuche im deutschen Gartenbau*.
- Reissig, L., Stoinescu, A., & Mack, G. (2022). Why farmers perceive the use of e-government services as an administrative burden: A conceptual framework on influencing factors. *Journal of Rural Studies*, 89, 387-396.
- Riemer, N., Schieler, M., Kleinhenz, B., Racca, P., Hammer-Weis, M., Clemenz, C., Schwabe, K., Müller, U., & Saucke, H. (2017). Erbsenwickler (*Cydia nigricana*) in Gemüse- und Körnererbsen: Grundlagen zur Befallsprognose und Schadensprävention. *Pflanzenbau - Erbsen und Linsen*
- Rösch, A., Beck, B., Hollender, J., Stamm, C., Singer, H., Doppler, T., & Junghans, M. (2019). Geringe Konzentrationen mit grosser Wirkung. Nachweis von Pyrethroid- und Organophosphatinsektiziden in Schweizer Bächen im pg l⁻¹-Bereich. *Aqua & Gas*, 99(11), 54-66.
- Säle, V., Neuweiler, R. (2022) Vorbeugende und nicht-chemische Pflanzenschutzmassnahmen für Freilandgemüse. *Agroscope Transfer*, 450, 1-24.
- Sauer, C. (2020). [Persönliche Kommunikation]. Agroscope.
- Sauer, C., Schumpp, O., & Lutz, M. (2017). Das Carrot red leaf virus (CtRLV) tritt in der Schweiz an Karotten auf. *Gemüsebau Info*, 2, 3-5.
- Scheidiger, M. (2015a). *Kulturblatt Kopfkohlarten*. Bildungs- und Beratungszentrum Arenenberg.
- Scheidiger, M. (2015b). *Kulturblatt Sellerie*. Bildungs- und Beratungszentrum Arenenberg.
- Schepl, U. (2010). *Der Drahtwurm... ein Schädling auf dem Vormarsch*. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen.
- Schlaghecken, J. (2004). *Thripse an Kopfkohl*. DLR-Rheinpfalz.
- Schlaghecken, J. (2007). *Kohlhernie im Gemüsebau*. DLR-Rheinpfalz.
- Schubiger, F. X. (2020). *Pflanzenkrankheiten erkennen - verstehen - vermeiden: Auflaufkrankheiten und Seitenwurzelfäule*. www.pflanzenkrankheiten.ch/krankheiten-an-kulturpflanzen/zuckerrueben/aphanomyces-rhizoctonia-phoma-pythium (Stand 17.03.2020)
- Sostizzo, T., Michel, V., Lutz, M., Bünter, M., & Schumpp, O. (2020). Tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV). *Agroscope Merkblatt*, 102.
- Speiser, B., Dierauer, H., & Koller, M. (2017). *Biokulturen vor Schnecken schützen*. Forschungsinstitut für Biologischen Landbau FiBL.
- Trautzi, P. (2019a). *Erhebungen zum Thripsbefall in Weisskohl* [Unveröffentlicht]. Bildungs- und Beratungszentrum Arenenberg,.

- Trautzi, P. (2019b). *Mulch statt Plastik – Nischenlösung oder Zukunftskonzept?* Bildungs- und Beratungszentrum Arenenberg.
https://arenenberg.tg.ch/public/upload/assets/87721/Mulchpflanzverfahren%20im%20Gem%3Fsebau_BBZ%20Arenenberg_18-11-19.pdf
- Vogel, G., Hartmann, H. D., & Krahnstöver, K. (1996). *Handbuch des speziellen Gemüsebaues*. Ulmer.
- Vogelsanger, J., & Cazelles, O. (Jahr unbekannt). Bakterienkrankheiten der Tomate. *Agroscope Merkblatt*, 039.3.
<https://ira.agroscope.ch/de-CH/Page/Publikation/Index/4053>
- Weninger, L., & Six, R. (2010). *Möglichkeiten der Regulierung von Erdraupen*. Ländliches Fortbildungsinstitut Österreich. https://www.bio-net.at/fileadmin/bionet/documents/bionet_erdraupen_2010.pdf

8 Anhang

8.1 Vorbeugende und nicht-chemische Massnahmen

8.1.1 Literatur, die als Grundlage zur Erarbeitung der Massnahmenliste diente

- Anderson, R. L. (2007). Managing weeds with a dualistic approach of prevention and control. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 27(1), 13-18.
- Bauermeister, R., Total, R., Baumann, D., Bleeker, P., Koller, M., & Lichtenhahn, M. (2005). Unkrautpraxis. Mechanische Unkrautregulierung im Gemüsebau. Schweiz, Wädenswil: Agroscope FAW Wädenswil, Eidg. Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau (FAW).
- Baumann, D., & Bleeker, P. O. (2002). Neues aus der Forschung – Wie die Holländer das Unkraut überlisten. *Der Gemüsebau/Le Maraîcher*, 3/2003, 32-33.
- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) (2008). Bewässerung im Ackerbau und in gärtnerischen Freilandkulturen.
- Böhm, H. (2014). Unkrautregulierung durch Fruchtfolge und alternative Managementverfahren. *Julius-Kühn-Archiv*, 443, 24-36.
- Bond, W., & Grundy, A. (2001). Non-chemical weed management in organic farming systems. *Weed Research*, 41(5), 383-405.
- Buser, H., & Heller, W. (2008). Anfälligkeit einiger Karottensorten auf *Alternaria dauci*. *Der Gemüsebau / Le Maraîcher*, 2.
- Buser, H., Heller, W., & Baur, B. (2012). Rhizoctonia-Schwarzfäule bei Salaten. *Agroscope Merkblatt*. <https://ira.agroscope.ch/en-US/publication/30166>
- Crmarics, I., Krauss, J., Delabays, N., & Keller, M. (2019). Pflanzenschutz aus der Natur ist gefragt. *Der Gemüsebau / Le Maraîcher*, 2/2019, 27.
- Daniel, C., Collier, R., Niggli, U., & Koller, M. (2018). Pest Management in Organic Field Vegetables in Temperate Areas. In *Handbook of Pest Management in Organic Farming* (pp. 443).
- Daniel, C., Hommes, M., & Koller, M. (2016). Plant Protection in organic production of Brassica vegetables and oilseed rape. *IOBC-WPRS Bulletin*, 118, 110-115.
- Dierauer, H. (2013). Vorbeugende Massnahmen – Fruchtfolge. <https://www.bioaktuell.ch/pflanzenbau/ackerbau/unkrautregulierung/vorbeugende-massnahmen.html#c8955>
- Diverse. www.best4soil.eu
- Doboly, S. (1996). Bekämpfung von *Thrips tabaci* im Lauchanbau. *Der Gemüsebau* 5, 9-10.
- Feike, T. (2010). Grasping the complexity of intercropping-developing and testing an integrated decision support system for vegetable production in the North China Plain. Dissertation, Universität Hohenheim. http://opus.uni-hohenheim.de/volltexte/2011/576/pdf/Diss_Feike.pdf
- Finch, S. (1993). Integrated pest management of the cabbage root fly and the carrot fly. *Crop protection*, 12(6), 423-430.
- Finch S. & Kienegger M. (1997). A behavioural study to clarify how undersowing with clover affects host-plant selection by pest insects of brassica crops. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 84, 165-172.
- Frankenberg, A., & Paffrath, A. (2004). Nematoden im Ökologischen Gemüsebau.
- Gärber, U., Idczak, E., & Behrendt, U. (2012). Regulierung des Falschen Mehltaus an Salat–Neue Lösungsansätze durch Erprobung feldresistenter Sorten aus biologisch-dynamischer Zucht in Kombination mit verschiedenen anbautechnischen und pflanzenstärkenden Massnahmen. Schlussbericht Forschungsprojekt 06OE049, Julius Kühn-Institut

- Gilli, C., Bünter, M., Schaerer, S., Günther, V., Ristord, J., Collet, L. (2018). Vorbeugende Massnahmen und Desinfektion in Gewächshäusern. *Agroscope Merkblatt* Nr. 70.
- Grosch, R., Lottmann, J., Faltin, F., & Berg, G. (2003). Biologische Bekämpfung von *Rhizoctonia solani* im ökologischen Anbau mit Hilfe von bakteriellen und pilzlichen Antagonisten. Abschlussbericht des Forschungsprojektes 02OE298
- Hallmann, J., Buck, H., Rau, F., Daub, M., Schütze, W., Grosch, R., & Schlathölter, M. (2009). Chancen und Grenzen der Biofumigation für die Bekämpfung pflanzenparasitärer Nematoden. In: Tagungsbandes der 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau
- Hedrich, T., & Rascher, B. (2019). Kohlerdfloh: Senf- und Kleeuntersaat zeigen befallsreduzierende Wirkung. Versuchsbetrieb für Gemüsebau Bamberg, Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau
- Herbst, M. (2017). Evaluierung nachhaltiger Komponenten für den integrierten Pflanzenschutz zur Bekämpfung der Kleinen Kohlflye (*Delia radicum* (L.)) im Kohlanbau. Hannover: Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
- Jehle, J. A., Herz, A., Keller, B., Kleespies, R. G., Koch, E., Larem, A., Stephan, D. (2014). Statusbericht Biologischer Pflanzenschutz 2013. *Berichte aus dem Julius-Kühn-Institut*, 173
- Kahrer, A. (1994): The flight activity of *Thrips tabaci* (Lind.) in relation to cabbage and cereal crops, *IOBC Bulletin*, 17(8), 12-16.
- Koller, M. (2018). Pflanzenschutzempfehlungen für den Biogemüsebau. FiBL
- Krumbein, M. (2019). Das Netz Rantai S bietet besten Schutz vor Schaderregern im Blumenkohl. *Versuche im deutschen Gartenbau 2019*
- Lamy, F., Dugravot, S., Cortesero, A. M., Chaminade, V., Faloya, V., & Poinot, D. (2018). One more step toward a push-pull strategy combining both a trap crop and plant volatile organic compounds against the cabbage root fly *Delia radicum*. *Environ Sci Pollut Res Int*, 25(30), 29868-29879. doi:10.1007/s11356-017-9483-6
- Leinhos, G. (2010). Integration neuester Forschungsergebnisse zu einem Gesamtkonzept für die Regulierung von Falschem Mehltau an Zwiebeln im ökologischen Landbau: Sortenwahl, Anbauverfahren und Prognose gestützter Einsatz biologischer Pflanzenschutzmittel. Schlussbericht Forschungsprojekt 06OE073.
- Löffel, N. (2018). Mischkultur Zuckermais und Stangenbohnen. Bachelorarbeit, ZHAW, <https://digitalcollection.zhaw.ch/handle/11475/15363>
- Lutz, M. (2015). Mit Feldhygiene nach der Ernte in die Zukunft investieren. *Der Gemüsebau / Le Maraîcher*, 4, 15.
- Melander, B., & Jørgensen, M. H. (2005). Soil steaming to reduce intrarow weed seedling emergence. *Weed Research*, 45(3), 202-211.
- Meyer, J. (2017). Optimierung der Nutzung entomopathogener Nematoden in einer integrierten Bekämpfungsstrategie für *Frankliniella occidentalis*. Hannover: Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
- Michel, V. (2008). Biofumigation – Prinzip und Anwendung. *Agroscope*. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/868>
- Michel, V. (2017). Direktsaat in platte Zwischenfrüchte. *Der Gemüsebau / Le Maraîcher*, 4, 36.
- Nair, A., & Delate, K. (2016). Composting, crop rotation, and cover crop practices in organic vegetable production. In *organic farming for sustainable agriculture* (pp. 231-257): Springer.
- Neuweiler, R., Bauermeister, R., & Total, R. (2003). Biologisch abbaubare Folien in der Lauchkultur. *Der Gemüsebau/Le Maraîcher*, 12/2003.
- Neuweiler, R., Heller, W., & Krauss, J. (2009). Bekämpfung der Kohlhernie durch gezielte Düngungsmassnahmen. *Agrarforschung*, 16(9), 360-365.
- Pfiffner, L., Luka, H., & Schlatter, C. (2005). Funktionelle Biodiversität, Schädlingsregulation gezielt verbessern. *Ökologie & Landbau*, 2(134), 51-53.

- Rheinhausen-Nahe-Hunsrück (2015). Direktpflanzung in Mulch. Versuch 5003. Zusammenfassung der Ergebnisse aus dem Jahr 2015 (1. Versuchsjahr). Dienstleistungszentrum ländlicher Raum (DLR)
- Ritter, C., & Richter, E. (2012). Erarbeitung von integrierten Pflanzenschutzverfahren zur Bekämpfung von Drahtwürmern und Erdräusen im Gemüsebau. Kompetenzzentrum Freilandgemüsebau, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei
- Sauer, C. (2020) Persönliche Kommunikation
- Sauer, H. (2017). „Milpa“ - die Mischkultur von Bohne, Mais und Kürbis. *Landinfo*, 1, 42-44.
- Scheidiger, M., & Fröhlich, D. (2017). Mulchpflanzung im Gemüsebau. Bildungs- und Beratungszentrum Arenenberg.
- Stavisky, J., Funderburk, J., Brodbeck, B. V., Olson, S. M., & Andersen, P. C. (2002). Population dynamics of *Frankliniella* spp. and tomato spotted wilt incidence as influenced by cultural management tactics in tomato. *Journal of Economic Entomology*, 95(6), 1216-1221.
- Theiler, R., & Vidalli, O. (2004). Fruchtfolge im Freiland-Gemüsebau. *Agroscope*.
<https://ira.agroscope.ch/fr/publication/1859>
- Total, R. (2003). Abflammen im Lauchanbau: Unkrautbekämpfung in der Reihe. *Der Gemüsebau/Le Maraîcher*, 8/2003, 16-18.
- Total, R. (2010). Feldhygiene im Frühjahr. *Gemüsebau-Info*, 07/2010.
- Total, R. (2014). CultiClean: Mit Hitze gegen Unkraut in Blattgemüse. *Der Gemüsebau/Le Maraîcher*, 2/2014, 10-11.
- Total, R. (2017). CultiClean - die Lösung für fehlende Herbizide bei Baby Leaf Salaten, Spinat und Rucola?
<https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/32441>
- Trautzi, P. (2019). Mulch statt Plastik – Nischenlösung oder Zukunftskonzept? Bildungs- und Beratungszentrum Arenenberg.
- Triolet, M., Guillemin, J. P., Andre, O., & Steinberg, C. (2019). Fungal-based bioherbicides for weed control: a myth or a reality? *Weed Research*, 60 (1), 60-77.
- von Fragstein und Niemsdorff, P. (2015). Förderung multi-funktionaler Vorteile von Untersaat-Gemüse-Mischanbau. Schlussbericht, Projektnummer 11OE019
- Wirth, J., Büchi, L., & Charles, R. (2012). Allelopathie als natürliches Herbizid? *Landwirtschaft ohne Pflug*, 9/10, 29-34.
- Wright, P. J., Falloon, R. E., & Hedderley, D. (2017). A long-term vegetable crop rotation study to determine effects on soil microbial communities and soilborne diseases of potato and onion. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 45(1), 29-54.

8.1.2 Hauptschaderreger für ausgewählte Gemüsekulturen im Schweizer Anbau

Tabelle A. 1: Übersicht über die relevantesten Schaderreger für wichtige Schweizer Gemüsekulturen, die dadurch verursachten Ertragsausfälle (Quantitative Schäden) und Qualitätsverluste des Ernteguts (qualitative Schäden).

Schaderreger	Quantitative Schäden	Qualitative Schäden
Karotten		
Blattalternaria, Möhrenschwärze (<i>Alternaria dauci</i>)	Früh befallene Kulturen bis Totalausfall; Infektionen zum Herbst haben einen geringen Effekt auf die Erträge (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2019); Hauptproblem ist, dass die Karotten nicht mehr geerntet werden können (Lutz, 2020)	
Wurzelalternaria, Schwarzfäule (<i>Alternaria radicina</i>)		Befallene Möhren sind schwarz (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2019); 13-47% Befall der Rüben (Kastelein et al., 2007)
<i>Cercospora carotae</i>		
Echter Mehltau (<i>Erysiphe heraclei</i>)	Ertragsausfälle bis zu 20% (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2019); wenn das Kraut zu stark befallen ist, können Karotten nicht mehr geerntet werden (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2019); Problem vor allem in heissen/trockenen Jahren, sonst weniger (Lutz, 2020)	
Umfallkrankheit (<i>Pythium</i> spp.)	Pflanzen sterben ab	
(<i>Colletotrichum coccodes</i> *)	(Ist oft vorhanden, schädigt aber eher wenig (Lutz, 2020))	
<i>Phytophthora</i> spp.*		schwarze Bänder an den Karotten, dadurch unverkäuflich (Lutz, 2017)
Schwarzfleckenkrankheit (<i>Rhexocercosporidium carotae</i> *)		Breitet sich erst im Lager aus, Ausfälle bis 50% (Bedlan, 2010); Befall 6-74% der Karotten (Kastelein et al., 2007)
<i>Sclerotinia</i> spp.	Schäden können sehr gross sein (Lutz, 2020)	
Möhrenröte (diverse Virusarten)	einzelne Felder Ertragseinbussen von 50-100% (Sauer et al., 2017); symptomatische Karotten haben rund 30% Gewichtsverlust (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2019)	Wurzelbärtigkeit und Rattenschwänze, kleinere Karotten (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2019)
Drahtwürmer (<i>Agriotes</i> spp.)*	Junge Pflanzen sterben durch Fassschäden ab (Fähndrich et al., 2011; Schepl, 2010)	Qualitätsminderung am Erntegut durch Frassgänge (Fähndrich et al., 2011)
Gierschblattlaus (<i>Cavariella aegopodii</i>)	Wachstumsdepressionen bei starkem Befall; v.a. auch wichtig als Virenvektor (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2019)	Keinen Einfluss (ausser bei Übertragung von Viren, die schädigen) (Sauer, 2020)
Möhrenblattlaus (<i>Trioza apicalis</i>)	(Kommt nur regional vor (Sauer, 2020); bei frühem Befall bis zum Totalausfall, ein später Befall kann kompensiert werden (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2019))	

Schaderreger	Quantitative Schäden	Qualitative Schäden
Möhrenfliege (<i>Psila rosae</i>)	Wichtigster Schädling (Sauer, 2020); Befall im Jugendstadium führt zum Absterben (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2019; Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 2014)	Qualitätsminderung durch Frassgänge (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2019; Finch, 1993)
Möhrenminierfliege (<i>Phytomyza carotae</i>)	(v.a. in D ein Problem, in der CH noch nicht so verbreitet, könnte aber kommen (Sauer, 2020))	
Raupen und Erdruppen (<i>Agrotis</i> spp., <i>Euxoa</i> spp.)	junge Pflanzen können kahlgefressen werden (Weninger & Six, 2010)	Aushöhlungen an den Rüben (Weninger & Six, 2010)
WurzelläSIONSNEMATODE (<i>Pratylenchus</i> spp.)*	Bei sehr starkem Befall reduziertes Wachstum (Eder & Kiewnick, 2013)	Karottenkörper meist kurz und stumpf gerundet, stark verzweigtes Wurzelsystem, oft braun verfärbte Läsionen (Eder & Kiewnick, 2013)
Wurzelgallennematode (<i>Meloidogyne hapla</i>)*	Deutliche Ertragsminderung (Eder & Kiewnick, 2013); bis zum Totalausfall (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2019)	Beinigtheit, Bärtigkeit (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2019; Eder & Kiewnick, 2013)
Knollensellerie		
Blattflecken (<i>Septoria apiicola</i>)	Verminderung der Assimilationsfläche führt zu erheblichen Ertragseinbussen (Scheidiger, 2015b); weniger Knollenzuwachs (Fruttschi et al., 2014)	
Fäulniserreger (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> , <i>Alternaria radicina</i> , <i>Erwinia carotovora</i>)		
Blattläuse	vermindern die Assimilationsfläche (Scheidiger, 2015b)	
Drahtwürmer (<i>Agriotes</i> spp.)*	Junge Pflanzen sterben durch Fassschäden ab (Fähndrich et al., 2011; Schepl, 2010)	Qualitätsminderung am Erntegut durch Frassgänge (Fähndrich et al., 2011)
Möhrenfleige (<i>Psila rosae</i>)	Befall im Jugendstadium führt zum Absterben, später Wachstumsverzögerungen (Scheidiger, 2015b)	
<i>Pratylenchus</i> spp.*	verstärkte Seitenwurzelbildung und Wachstumsdepressionen (Frankenberg & Paffrath, 2004)	
Wurzelgallennematode (<i>Meloidogyne hapla</i>)*		
Stängelnematode (<i>Ditylenchus dipsaci</i>)*	starke Schäden, bis Totalausfall möglich (Eder & Kiewnick, 2019)	
Kopfkohl		
Adernschwärze (<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>)	Totalausfälle möglich (Buser et al., 2012)	Optische Mängel durch schwarze Leitbahnen (Buser et al., 2012); Lagerfähigkeit kann beeinträchtigt werden (Crüger, 2002)
Bakterienwelke (<i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>carotovora</i>)	(kommt ab und an vor, ist oft aber sekundär)	
Kohlhernie (<i>Plasmodiophora brassicae</i>)*	Kümmernwuchs, Pflanzen welken schnell (Vogel et al., 1996); Totalausfälle möglich (Schlaghecken, 2007)	
Falscher Mehltau (<i>Peronospora parasitica</i>)	sehr wichtig, grosse Schäden möglich (Lutz, 2020); stockendes Wachstum	Es kann Lagerfäule auftreten (Bundesanstalt für

Schaderreger	Quantitative Schäden	Qualitative Schäden
	(Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2019)	Landwirtschaft und Ernährung, 2019)
Kohlschwärze (<i>Alternaria brassicae</i>)	Sehr wichtig, grosse Schäden möglich, kann Eintrittspforte für Bakterien bieten (Lutz, 2020); Keimlinge sterben bei starkem Befall ab (Hinrichs-Berger, 2013)	Befall erhöht den Aufwand fürs Abrüsten (Hinrichs-Berger, 2013)
Wurzelhals- und Stengelfäule, Umfallkrankheit (<i>Phoma lingam</i>)	Pflanzen sterben ab, da die Wurzeln absterben (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2019)	
Erdflöhe (<i>Phyllotreta</i> spp.)	fressen vor allem junge Pflanzen an, die dann im Wachstum beeinträchtigt sind (Scheidiger, 2015a)	
Kohldrehherzgallmücke (<i>Contarinia nasturtii</i>)	Tritt nicht am häufigsten auf, verursacht dann aber grosse Schäden (Sauer, 2020)	Herzlosigkeit und Seitentriebbildung. Im Schadbereich findet man oft Verschorfungen (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 2014)
Kleine Kohlflye (<i>Delia radicum</i>)	Jungpflanzen können absterben (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 2014)	Frassschäden machen Kohl unverkäuflich (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 2014; Finch, 1993)
Kohlmottenschildlaus (<i>Aleyrodes proletella</i>)	Bei hohem Befall sind Ertragsreduktionen möglich (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 2014)	Schwärzepilze machen Kohl unverkäuflich (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 2014); Abrüsten möglich, aber mit hohem Aufwand und Kosten verbunden
Mehlige Kohlblattlaus (<i>Brevicoryne brassicae</i>)	Pflanze wird in der Entwicklung zurück geworfen, Bestand wird inhomogen (Sauer, 2020); bei frühem Befall bleibt die Kopfbildung aus (Vogel et al., 1996)	
Raupen: Kleiner und Grosser Kohlweissling, Kohleule und Kohlmotte (<i>Pieris rapae</i> und <i>P. brassicae</i> , <i>Mamestra brassicae</i> und <i>Plutella xylostella</i>)	Treten zu unterschiedlichen Zeitpunkten auf; Gammaeule kommt mittlerweile auch mehr; Skelettierfrass: bei starkem Befall bleiben nur noch Blattadern stehen (Vogel et al., 1996)	Raupen bohren sich tief ein: Kohl ist durch Lochfrass, Kotverschmutzungen und Raupenbesatz unverkäuflich (Vogel et al., 1996)
Thripse (<i>Thrips</i> spp.)	Tritt je nach Region auf (Sauer, 2020)	Saugstellen verkorken (Schlaghecken, 2004); Weisskohl: 10-15% Verlust, wenn befallene Stellen abgerüstet werden (Trautzi, 2019a)
Schnecken (<i>Deroceras</i> spp., <i>Arion</i> spp.)	Kahlfrass und geschädigte Pflanzen durch Blattverlust (Speiser et al., 2017)	Hinterlassen Frassspuren (Speiser et al., 2017)
Kürbis und Zucchini		
Alternaria-Blattflecken (<i>Alternaria</i> spp.)	grössere Schäden können vorkommen (Lutz, 2020)	
Krätze der Kürbis-gewächse (<i>Cladosporium cucumerinum</i>)	sehr grosse Verluste möglich (Lutz, 2020)	
Gummistengelkrankheit (<i>Didymella bryoniae</i>)	Früchte verfaulen innen, Totalverluste möglich, v.a. bei Kürbissen (Lutz, 2020)	

Schaderreger	Quantitative Schäden	Qualitative Schäden
Echter Mehltau (<i>Erysiphe cichoracearum</i>)	Verlust von Assimilationsfläche, Verkümmern von Blüten und Fruchtansätzen, weniger Früchte (Kraul, 2019); Totalausfall möglich (Lutz, 2020)	Verringerung der Fruchtgrösse (Kraul, 2019)
Falscher Mehltau (<i>Pseudoperonospora cubensis</i>)	Sehr verbreitet, schwerer Befall kann hohe Ertragsverluste verursachen (Lebeda & Cohen, 2011); Totalausfall möglich (Lutz, 2020)	
Gurkenmosaik u.a. (CMV, ZYMV, WMV)	Bei Kürbissen treten wirtschaftliche Verluste nur bei hohem Befall auf, Zucchini sind empfindlicher (Bachmann, 2016; Vogel et al., 1996)	
Blattläuse (<i>Aphis gossypii</i> und andere)	Grüne Gurkenblattlaus ist am schlimmsten, Kartoffelblattlaus kommt auch häufig vor (Sauer, 2020); auch als Virusvektor schädlich (Koller, 2018)	
(Spinnmilbe (<i>Tetranychus urticae</i>))	(Noch kein grosses Problem, kann sich aber im Zuge der Klimaerwärmung verstärken (Sauer, 2020))	
Schnecken (<i>Deroceras</i> spp., <i>Arion</i> spp.)	Kahlfrass und geschädigte Pflanzen durch Blattverlust (Speiser et al., 2017)	Hinterlassen Frassspuren (Speiser et al., 2017), angefressene Früchte sind unverkäuflich
Randen		
Schorf (<i>Streptomyces scabies</i>)*		Wucherungen, Rüben z.T. rissig und verkorkt (Vogel et al., 1996); stark befallene Randen sind unverkäuflich (Koller, 2018)
Blattflecken (<i>Cercospora beticola</i> und <i>Ramularia beticola</i>)	grösstes Problem, sehr grosse Schäden möglich (Lutz, 2020)	
Echter Mehltau (<i>Erysiphe polygoni</i>)		
Falscher Mehltau (<i>Uromyces beticola</i>)		
Wurzelbrand, Umfallkrankheit (<i>Pythium</i> spp., <i>Phoma</i> spp. und <i>Fusarium</i> spp.)	Keimlinge fallen um und sterben ab, dies führt zu Fehlstellen im Bestand (Schubiger, 2020)	
Späte Rübenfäule (<i>Rhizoctonia solani</i>)		
Rhizomania (BNYV)*		unförmige Knollen, tiefer Zuckergehalt (Koller, 2018)
Schwarze Bohnenblattlaus (<i>Aphis fabae</i>)		
Zuckermais		
Beulenbrand (<i>Ustilago maydis</i>)*		Befallene Kolben sind nicht marktfähig; Befall je nach Sorte 0-14% der Pflanzen (Hedrich & Rascher, 2017) oder höher (Lutz, 2020)
Keimlingskrankheiten		
Fusarien (<i>Fusarium</i> spp.)*	Ertragsverluste (Körner- und Silomais) (Musa et al., 2011)	Qualitätsverluste und Mykotoxine (Musa et al., 2011), befallene Kolben sind unverkäuflich
Blattläuse		

Schaderreger	Quantitative Schäden	Qualitative Schäden
Marmorierte Baumwanze (<i>Halyomorpha halys</i>)	Ertragsverluste bei Befall in früheren Entwicklungsstadien (Cissel et al., 2015)	In späteren Entwicklungsstadien Qualitätsverluste durch beschädigte Körner (Cissel et al., 2015)
Maiszünsler (<i>Ostrinia nubilalis</i>)	Probleme beim Zuckermais vorwiegend durch Befall an den Kolben, bis 100% befallene Pflanzen im Bestand möglich (Kreiselmaier, 2004)	Kolben durch Frassschäden unverkäuflich
Schnecken (<i>Deroceras</i> spp., <i>Arion</i> spp.)	Blattflächenverlust durch Lochfrass (Speiser et al., 2017)	
Zwiebeln		
Blattbotrytis der Zwiebel (<i>Botrytis squamosa</i>)	Verringerung der Blattfläche und dadurch des Ertrags (Koller et al., 2007)	Keine Schäden am Erntegut (Koller et al., 2007)
Schwarze Stängelfäule/Laubkrankheit (<i>Stemphylium botryosum</i>)	Kann im Lager zur Fäulnis der Zwiebeln beitragen, dadurch können Verluste gross werden, auch die Zwiebel selbst kann befallen werden (Lutz, 2020)	
Falscher Mehltau (<i>Peronospora destructor</i>)	Wichtigster Schaderreger (Lutz, 2020); Ertrag deutlich gemindert (Heller et al., 2006a); bis zu 100% Ausfall (Kesper & Gysi, 2002; Lutz, 2020)	Infizierte Zwiebeln sind weich und nicht Lagerfähig (Heller et al., 2006a)
Zwiebelbasalfäule (<i>Fusarium oxysporum cepae</i>)*	Fäulnis im Lager (Koller et al., 2007); je nach Sorte und Jahr bis 1/3 Ausfall im Lager (Rabus, 2016/2019)	
<i>Phytophthora</i> spp.		
Purpurflecken (<i>Alternaria porri</i>)	Weniger Ertrag durch reduzierte Blattmasse (Gupta & Pathak, 1988); kann dazu beitragen, dass Zwiebeln im Lager verfaulen, auch die Zwiebel selbst kann befallen werden, grosse Ausfälle möglich (Lutz, 2020)	
Samtflecken (<i>Cladosporium</i> spp.)	grosse Ausfälle möglich (Lutz, 2020)	
Papierflecken (<i>Phytophthora porri</i>)		
Rost auf Zwiebelarten (<i>Puccinia allii</i>)		
(Zwiebelhalsfäule, (<i>Botrytis allii</i>))	(Fäulnis oft erst beim Auslagern sichtbar [36]; tritt eher weniger häufig auf (Lutz, 2020))	
(Eulenraupen)	(Problematisch nur im Tunnel (Sauer, 2020))	
Lauchminierfliege (<i>Napomyza gymnostoma</i>)	(grösseres Problem bei Lauch als bei Zwiebeln (Sauer, 2020))	Zwiebeln können aufplatzen (Koller et al., 2007)
(Lauchmotte (<i>Acrolepiopsis assectella</i>))	(Kommt vor allem bei Bio vor; 50-60% Ausfall)	
Zwiebelrüssler (<i>Ceuthorrhynchus suturalis</i>)		
Zwiebelthrips (<i>Thrips tabaci</i>)	Jungpflanzen bei Befall im Wachstum eingeschränkt (Heller et al., 2006b). bis 100% Ausfall bei Bio, bei IP bis 20% (Kesper & Gysi, 2002)	
Schnecken (<i>Deroceras</i> spp., <i>Arion</i> spp.)	Fressen junge Pflanzen ab (Sauer, 2020)	
Wurzelnematoden (<i>Pratylenchus</i> spp.*, <i>Meloidogyne</i> spp.)*	Wachstumsstockungen (Koller et al., 2007)	

Schaderreger	Quantitative Schäden	Qualitative Schäden
Stängelnematode (<i>Ditylenchus dipsaci</i>)*	In extremen Jahren Ertragsausfälle bis 90% (Eder & Kiewnick, 2015)	befallenen Zwiebeln werden weich und beginnen zu faulen (Eder & Kiewnick, 2015); Zwiebeln platzen (Koller et al., 2007)
Lauch		
<i>Alternaria porri</i>	wichtigste Krankheit im Lauch (Kesper & Gysi, 2002)	
Falscher Mehltau (<i>Peronospora destructor</i>)		
Rost auf Zwiebelarten (<i>Puccinia allii</i>)	Blätter vergilben und sterben ab (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2019)	
Purpurflecken (<i>Alternaria porri</i>)		
Samtflecken (<i>Cladosporium allii</i>)		
Papierflecken (<i>Phytophthora porri</i>)		
Mehlkrankheit (<i>Sclerotium cepivorum</i>)	befällt v.a. Keimlinge; stark verseuchte Flächen können zu einem Totalausfall führen (Buser & Heller, 2010)	
Lauchminierfliege (<i>Napomyza gymnostomas</i>)	Problemschädling (Sauer, 2020)	befallener Lauch wird vom Abnehmer zurückgewiesen (Daniel et al., 2018)
Lauchmote (<i>Acrolepiopsis assectella</i>)	zusammen mit Zwiebelthrips wichtigster Schädling im Lauchanbau (Kesper & Imhof, 1998); kann bis ca. 45% Ertragsausfall verursachen (Kesper et al., 2001)	
Zwiebelthrips (<i>Thrips tabaci</i>)	zusammen mit Lauchmote wichtigster Schädling im Lauchanbau (Kesper & Imhof, 1998), Ertragsausfälle aber geringer (ca. 15%) (Kesper & Gysi, 2002)	
Drahtwürmer (<i>Agriotes</i> spp.)*		
Schnecken (<i>Deroceras</i> spp., <i>Arion</i> spp.)	Fressen junge Pflanzen ab (Sauer, 2020)	
(Wurzelläsionsnematoden (<i>Pratylenchus</i> spp.*, <i>Meloidogyne</i> spp.*))	nur bei starkem Befall reduziertes Wachstum, aber starke Vermehrung der Nematoden (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2019)	
Stängelnematode (<i>Ditylenchus dipsaci</i> *)		
Tomaten		
Bakterielle Tomatenwelke (<i>Clavibacter michiganese</i>)	ganze Pflanzen sterben ab, Krankheit breitet sich epidemisch aus (Vogelsanger & Cazelles, Jahr unbekannt)	
<i>Pseudomonas</i> spp.	Stängelmarkbräune: Blätter vergilben, Ausbreitung weniger stark als bei der Bakteriellen Tomatenwelke (Vogelsanger & Cazelles, Jahr unbekannt); Bakterielle Fleckenkrankheit: Flecken auf den Blättern, kleine Punkte auf den Früchten, starker Befall der Blüten (Vogelsanger & Cazelles, Jahr unbekannt)	

Schaderreger	Quantitative Schäden	Qualitative Schäden
Echter Mehltau (<i>Oidium neolycopersici</i> *)	verursacht Ertragsverluste durch Blattflächenverlust (Michel et al., 2011)	keine Qualitativen Auswirkungen (nur Blätter werden befallen) (Michel et al., 2011)
Dürrfleckenkrankheit (<i>Alternaria</i> spp.)	kann zu umfassendem Blattabwurf führen (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2019)	
Grauschimmel (<i>Botrytis cinerea</i>)	kann erhebliche Verluste verursachen (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2019)	
Kraut- und Braunfäule (<i>Phytophthora infestans</i>)		
Samtflecken (<i>Cladosporium fulvum</i> , <i>Fulvia fulva</i>)		
Jordan-Virus (ToBRFV*)	Ertragsausfälle bis 100% (Erfurt, 2019; Sostizzo et al., 2020)	deformierte oder unregelmässig gereifte Früchte (Sostizzo et al., 2020)
Blattläuse		
Spinnmilben (<i>Tetranychus urticae</i>)		
Tomatenminiermotte (<i>Tuta absoluta</i>)	Starker Befall führt zum Blattsterben und Missbildungen, kann Totalausfall zur Folge haben (Lichtenhahn, 2020); allerdings verhindern die klimatischen Bedingungen in der Schweiz eine hohe Verbreitung (Agroscope, 2013)	
Tomatenrostmilbe (<i>Aculops lycopersici</i>)		
Marmorierte Baumwanze (<i>Halyomorpha halys</i> *)		
Kohlmottenschildlaus (<i>Trialeurodes vaporariorum</i>)		
Spinat		
Colletotrichum-Blattflecken (<i>Colletotrichum dematium</i>)	junge Spinatpflanzen sterben ab (Heller & Zoller, 2008)	Blattflecken an älteren Blättern, dadurch Zurückweisung befallener Posten (Heller & Zoller, 2008)
Falscher Mehltau (<i>Peronospora farinosa</i> f.sp. <i>spinaciae</i>)	bedeutendstes Blattpathogen (Kofeet & Deil, 2003)	
Papierfleckenkrankheit (<i>Cladosporium variabile</i> , <i>Davidiella variabile</i>)	kann im Bioanbau zum Problem werden (Bayer, 2020b)	
Wurzelbrand (<i>Pythium</i> spp., <i>Phoma</i> spp., <i>Fusarium</i> spp.)	(Koller, 2018)	
Gurkenmosaikvirus*	es ist mit grossen Ausfällen zu rechnen (Bayer, 2020b)	
Schwarze Bohnenblattlaus (<i>Aphis fabae</i>)	häufigstes Schadinsekt (Klug, 2006)	
Eulenraupen (<i>Autographa</i> spp.)	zweithäufigstes Schadinsekt (Klug, 2006)	
Rübenfliege (<i>Pegomya betae</i>)	von unterschiedlichem Ausmass; Ernte kann total vernichtet werden (Jeymann, 2006)	
Rübenmotte (<i>Scrobipalpa ocellatella</i>)		
WurzelläSIONsnematoden (<i>Pratylenchus</i> spp.*)	Wachstumshemmungen und nekrotische Läsionen an den Wurzeln (Eder & Kiewnick, 2019)	

Schaderreger	Quantitative Schäden	Qualitative Schäden
Erbsen		
Grüne Erbsenblattlaus (<i>Acyrtosiphon pisum</i>)	Schoten werden zerstochen und leergesaugt, Viren können übertragen werden, kann die Erntemenge und Qualität massiv mindern (Kim, 2017)	kann die Erntemenge und Qualität massiv mindern (Kim, 2017)
Erbsenwickler (<i>Cydia nigricana</i>)	Ertragsausfälle (Riemer et al., 2017); befallene Posten können zurückgewiesen werden	Qualitätsminderung (Riemer et al., 2017); nicht tolerierbare Schädigung des Erntegutes (Fürnkranz-Tuvshintugs et al., 2017)
Erbsenblatttrandkäfer (<i>Sitona lineatus</i>)	mindert Ertrag durch Blattfrass; Verursacht in Einzelfällen Schäden (Kim, 2017)	
Pea necrotic yellow dwarf virus*	kann zu Totalausfall führen (Fürnkranz-Tuvshintugs et al., 2017)	
Pea enation mosaic virus*	eine der bedeutendsten Virosen (Fürnkranz-Tuvshintugs et al., 2017)	
Bohnen		
Fettflecken (<i>Pseudomonas phaseolicola</i>)		Flecken auf den Hülsen (Bayer, 2020a)
Bohnenrost (<i>Uromyces appendiculatus</i>)	kann zu Totalausfall führen (Bayer, 2020a)	Qualitätsminderung und kleinere Bohnen (Bayer, 2020a)
Grauschimmel (<i>Botrytis cinerea</i>)	Befall der Blüten führt zu Abwurf und so zu geringerem Ertrag (Bayer, 2020a)	
Sclerotinia-Fäule (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>)	kann besonders in kühlen und nassen Sommern kurz vor der Ernte zu erheblichen Ertragsausfällen führen (Lattauschke & Laber, 2009)	
Bohnenfliege (<i>Delia platura</i>)		
Schwarze Bohnenblattlaus (<i>Aphis fabae</i>)	direkter Saugschaden und Wuchshemmung, einzelne stark befallene Pflanzen können absterben (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2019)	
Gemeine Spinnmilbe (<i>Tetranychus urticae</i>)	tritt nur bei Trockenheit auf; können Ertrag und Qualität beeinträchtigen und zu verfrühtem Absterben der Pflanzen führen (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2019)	

*keine chemischen PSM in Freilandgemüse zugelassen

8.1.3 Massnahmen, die nicht ins Punktesystem aufgenommen wurden

Tabelle A. 2: Vorbeugende und nicht-chemische Massnahmen, die vorerst zurückgestellt wurden (v = vorbeugend, nc = nicht-chemisch, rc = reduziert chemisch).

Massnahme	Art	Kultur	Schaderegner	Bemerkungen
Verwendung von krankheitsresistenten Sorten				
Sorten, die z.B. resistent sind gegen Falschen Mehltau, <i>Alternaria</i> , etc.	v	alle	Krankheiten, Schädlinge	Massnahme wurde zuerst aufgenommen mit 5 Punkten; da aber fast alle Sorten eine Resistenz gegen eine Krankheit/einen Schädling besitzen, wurde diese Massnahme wieder zurückgestellt. Bei Aufnahme müssten Sorten/Resistenzen genau definiert werden. Agroscope/Expertengremium/Produzenten: Resistente Sorten sind eine wichtige Massnahme, allerdings werden Sorten oftmals vom Handel vorgegeben oder resistente Sorten erfüllen die Qualitätsansprüche des Handels nicht, bzw. bringen möglicherweise andere Probleme mit sich (z.B. weniger gute Schalenbildung bei mehlttauresistenten Zwiebeln).
Saatgutbehandlung mit Dampf- oder Heisswasser				
	v	alle	samenbürtige Krankheiten (oberflächlich)	Fehlende Erfahrungen bei Gemüsesaatgut; muss professionell durchgeführt werden, da sonst die Keimfähigkeit verloren geht. Rücktrocknung kann problematisch sein.
Untersaaten				
	nc	Kopfkohl	Erdklee zur Vorbeugung von Erdflöhen	- Umfrageergebnisse zeigen, dass Umsetzbarkeit allg. eher gering ist; Risiko für neg. Nebeneffekte hoch (Konkurrenz um Wasser, Licht und Nährstoffe; steigende Gefahr von Pilzkrankheiten und Schädlingen)
	nc	alle	Unkrautunterdrückung	- insbesondere nicht empfohlen bei Zuckermais, da dieser heikler im Anbau ist als Futtermais - eher für hochwachsenden Arten mit langer Kulturdauer geeignet
Kulturschutznetze				
	nc	alle	allgemein	- technisch und finanziell hoher Aufwand - verändertes Mikroklima im Bestand und daher Gefahr von Krankheitsbefall (v.a. bei enger Maschenweite) - trotz hohem Aufwand diese Massnahme nicht ganz löschen, da es nur wenige alternative Mittel gegen Insekten gibt - Felder für Verarbeitungsgemüse sind i.d.R. 1-10 ha gross, daher schwierig umzusetzen; bisher keine Erfahrungen aus der Praxis mit der Einnetzung so grosser Flächen.

Massnahme	Art	Kultur	Schaderreger	Bemerkungen
Vlies oder Maschenweite < 0.5 mm		Karotten, Kopfkohl, Kürbis	Blattläuse	
Maschenweite max. 1,4 mm		Karotten, Sellerie, Kopfkohl	Zweiflügler (Möhrenfliege, Kohlfleie)	
Maschenweite max. 0,6 mm		Kopfkohl	Weisse Fliege	
Maschenweite max. 0,8 mm		Kopfkohl	Erdföhe	
		Kopfkohl	Kohldrehherzgallmücke	
		Zwiebeln, Lauch	Lauchminierfliege	
Maschenweite max. 2,0 mm		Kopfkohl	Raupen, bzw. Eiablage durch div. Falter	
Maschenweite max. 0,2 x 0,8 mm		Zwiebeln, Lauch	Thripse	
Insektenschutzzaun				
Maschen max. 0,8 mm				
Zaun 1-1,5 m hoch mit Überhang an der äusseren Seite				
Maschen max. 0,8 mm Zaun 1-1,5 m hoch mit Überhang an der äusseren Seite	nc	Kopfkohl	Kohldrehherzgallmücke	Verfügbarkeit seitens Hersteller ist gering, daher nicht anwendbar für Produzenten
Hackroboter mit Spot-Spray-Technik in Kombination mit Fungiziden oder Insektiziden				
	rc	Hackkulturen (Sellerie, Kopfkohl, Zwiebeln weit gepflanzt, Lauch)	allg. Unkräuter, Krankheiten, Schädlinge	Bisher gibt es nur einen Prototyp; sobald die Technik am Markt verfügbar ist, diese Massnahme aufnehmen

Massnahme	Art	Kultur	Schaderreger	Bemerkungen
Mulchsaat im Sinne von reduzierter Bodenbearbeitung				
	v	alle	Unkräuter, z.T. Schädlinge	Technik ist noch nicht ausreichend erprobt; schwierig umsetzbar
Erstellung von Spritzplänen in Zusammenarbeit mit unabhängigen Beratern				
	rc	alle	allgemein	Spritzpläne könnten optimiert werden. Problem: Wer stellt diese Berater? Kant. Fachstellen haben dafür keine Kapazität
Einsatz von Zwiebelöl				
	nc	Karotten, Sellerie	Möhrenfliege	Kant. Fachstelle St. Gallen hat Versuche durchgeführt, bisher kann die Anwendung nicht empfohlen werden, da nicht ausreichend wirksam
Prognosemodelle				
Prognosemodelle beziehen Wetterdaten mit ein, um das Hauptauftreten von Schädlingen vorherzusagen. Dadurch kann dann appliziert werden, wenn die Mittel die höchste Wirkung haben.	nc	alle	Pilze, Schädlinge	erst für wenige Schaderreger verfügbar
Schadschwellen				
Durch die Applikation gemäss Schadschwellen wird sichergestellt, dass keine überflüssigen Insektizid-behandlungen vorgenommen werden. Ein gewisser Ernteverlust wird dabei in Kauf genommen.	nc	alle	Pilze, Schädlinge	erst für wenige Schaderreger verfügbar
Blühstreifen				
Förderung von Nützlingen	v	alle	v.a. Schadinsekten	Wird bei IPS bereits über das Biodiversitätsprogramm abgedeckt. Evtl. handelt man sich andere Probleme damit ein, Wirksamkeit gegen Schaderreger nicht immer gegeben

Tabelle A. 3: Massnahmen, die als nicht geeignet für eine Umsetzung im Rahmen eines Punktesystems beurteilt wurden (v = vorbeugend, nc = nicht-chemisch, rc = reduziert chemisch).

Massnahme	Art	Kultur	Schaderreger	Bemerkungen
Resistente Sorten				
	v	Karotten	Möhrenfliege	Wirkung zu gering; Sortenunterschiede sind nicht ausreichend geklärt
resistente/tolerante Sorten				
	v	Spinat	Falscher Mehltau	Produzent hat hierauf keinen Einfluss, Sorten sind vom Verarbeiter vorgegeben, diese achten auf Resistenzen
		Erbsen, Bohnen	Botrytis, Sclerotinia	
Pflanztechnik: tief pflanzen und anhäufeln				
Fördert die Seitenwurzelbildung, dadurch wird die Pflanze robuster	v	Kopfkohl	Adernschwärze	Wirkung zu gering (gleiche Massnahme wirkt aber gegen Kohlfleie)
Bestandesdichte reduzieren				
	v	Knollensellerie	Septoria-Blattflecken	Wirkung und Umsetzbarkeit zu gering (Kaliber zu gross); zudem ist nicht klar, wie hoch die Bestandesdichte max. sein darf, damit noch eine Wirkung erzielt werden kann
		Kopfkohl	Falscher Mehltau	
		Zwiebeln	Pilzkrankheiten	
Regelmässiges Mulchen von Randstreifen				
	nc	alle	Schneckenbefall	Einfluss auf nicht-Zielorganismen (z.B. Amphibien, Insekten (Nützlinge)) zu gross, mehr Schaden als Nutzen
Intensive Bodenbearbeitung				
	nc	alle	Schnecken	negativer Einfluss auf Bodenstruktur zu gross; Wirkung gering
		Kopfkohl	Erdräupen, Kohlfleie	
Senfuntersaat				
	nc	Kopfkohl	Erdflöhe	Wirkung zu gering; nicht noch mehr Kreuzblütler in die Fruchtfolge bringen
Mulchfolien aus Polyethylen (PE)				
	nc	alle	Unkräuter	hoher Arbeitsaufwand für die Entfernung der Folie nach der Ernte; Konflikt zu Umweltzielen, da Anfall von Plastikmüll; biolog. abbaubare Folien lassen sich im Gemüsebau problemlos einsetzen, daher sind PE-Folien unnötig

Massnahme	Art	Kultur	Schaderreger	Bemerkungen
Einsatz von Pheromonen				
	nc	Tomaten	Tomatenminier-motte	sehr gut beurteilt; Zulassung allerdings nur für Anwendung im Gewächshaus
anaerobe Bodenentseuchung				
	nc	alle	bodenbürtige Krankheiten und Schädlinge	hoher Aufwand; wahrscheinlich werden auch nützliche Bodenorganismen abgetötet
Einsatz von lebenden Organismen (Pilze)				
Einsatz von <i>Ampelomyces quisqualis</i>	nc	Kürbis und Zucchini	Echter Mehltau	Wirkung zu gering
Standortwahl: windoffene Lage				
	v	alle	gilt für die meisten Blattkrankheiten mit Ausnahme Echter Mehltau	Problem: schwer zu kontrollieren; Welche Kriterien werden für windoffen festgelegt?
Standortwahl: keine Staunassen Parzellen				
Einige Krankheitserreger kommen bevorzugt auf nassen Standorten vor.	v	alle	z.B. <i>Cercospora</i> , <i>Pythium</i> und <i>Sclerotinia</i>	Problem: schwer zu kontrollieren; Was sind die Kriterien für staunasse Parzellen?
Standortwahl: Abstand halten				
Räumlicher Abstand zu bereits befallenen Parzellen erschwert Schadorganismen die Einwanderung ins Feld.	v	alle	z.B. Kohlflyge, Falscher Mehltau und <i>Phytophthora</i>	Ein einzelner Produzent kann dies nur schwer umsetzen, da er abhängig von Nachbarn ist. Eigentlich bräuchte es eine regionale Anbauplanung.
Standortwahl: keine Vorverunkrautung				
	v	konkurrenzschwache Kulturen wie Karotten, Säzwiebeln und Randen	Unkräuter	Problem: schwer zu kontrollieren; Definition "keine Vorverunkrautung"?

Massnahme	Art	Kultur	Schaderreger	Bemerkungen
Fruchtfolge: Anbaupausen				
	v	alle	allgemein	Anbaupausen sind lt. IPS-Richtlinien bereits festgelegt, weitere Fruchtfolgen sind kaum möglich; Getreideanteil wird aber als Massnahme honoriert
Fruchtfolge: Kunstwiese				
Kunstwiesen bedecken den Boden lange und unterdrücken so alle Arten von Unkräutern.	v	alle	Unkräuter	Im Gemüsebau sollten Kunstwiesen möglichst gemieden werden, denn der Klee-Anteil fördert <i>Chalara elegans</i> sehr stark. Dieses Pathogen kann praktisch alle Gemüsearten befallen und dementsprechenden Ausfällen verursachen. Zudem werden Drahtwürmer und Schneckenlarven durch Kunstwiesen gefördert.
Pflanz- und Saatgut frei von Schadorganismen; kräftige Pflanzen verwenden				
	v	alle	Schädlinge und Krankheiten	Hier kann der Produzent nur bedingt Einfluss nehmen.
Zurückhaltende Stickstoffdüngung				
Eine zurückhaltende N-Düngung verringert die Anfälligkeit für diverse Schaderreger.	v	alle	z.B. Falscher Mehltau, Blattläuse, <i>Botrytis</i> und <i>Alternaria</i>	Bei reduzierter N-Düngung können nicht immer die Qualitätsanforderungen erfüllt werden. Unklar ist auch, wie hoch die N-Düngung max. angesetzt werden sollte.
Saat-/Pflanzzeitpunkt und Erntezeitpunkt				
Mit einem gut gewählten Zeitpunkt für Saat/Pflanzung und Ernte können Schädlingspopulation umgangen werden.	v	Karotten	Möhrenfliege, Gierschblattlaus	Termine werden meist durch den Markt gegeben.
		Kopfkohl	Kohlfleie	
		Spinat	Rübenfliege	Termine werden vom Verarbeiter bestimmt.
		Erbsen	Echter Mehltau	
Mischkulturen				
Schädlinge können nicht überhandnehmen, wenn möglichst unterschiedliche Pflanzen gemeinsam angebaut werden.	v	verschiedene	allgemein	Anspruchsvolle Umsetzung; schwierige Ernte, wenn Kulturen unterschiedlich reif werden; Wirkung nicht immer gegeben; Untersaaten werden geprüft

Massnahme	Art	Kultur	Schaderreger	Bemerkungen
Push-Pull-Strategie und Fangpflanzen				
Kohlflye wird durch Duftstoffe von der Kulturpflanze vertrieben und von einer für sie attraktiveren Nahrungsquelle angezogen	nc	Kopfkohl	Kohlflye	Problem: Die Schädlinge sammeln sich an den Fangpflanzen am Feldrand an und müssen dort bekämpft werden.
Kultur abdecken, dabei 1-2-Reihen am Rand freilassen, wo Minierfliegen Eier ablegen, nach dem Flug befallene Reihen entfernen.	nc	Lauch	Lauchminierfliege	
UV-reflektierender Mulch				
wirkt abstossend auf Thripse	nc	alle	Thripse	Wirkung unsicher, Thripse werden auch mit dem Wind verbreitet
Biofumigation				
Anbau von Pflanzen mit hohen Glucosinolatgehalten. Diese werden zerkleinert und eingearbeitet.	nc	alle	Wurzelgallen-, Wurzelläsionsnematoden	Problematisch ist dabei allerdings, dass zusätzlich Kreuzblütler in die Fruchtfolge gebracht werden. Ebenfalls verwendet werden Sorghum und Sorghum Sudangras. Wirkung sehr unsicher.
		Karotten	<i>Rhizoctoni solani</i>	
Boden dämpfen				
Unkrautsamen und Schädlinge im Boden können durch Dampf abgetötet werden.	nc	alle	Bodenbürtige Schaderreger, Unkräuter	Bodenleben wird dabei stark gestört; eher für Gewächshaus geeignet.
Solarisation				
Boden wird durch eine Folienabdeckung stark aufgewärmt. Pilze, Bakterien, Insekten und Unkraut werden abgetötet. Bei der Biosolarisation werden vorgängig organisches Material und ggf. Wasser zugeführt (ähnl. anaerobe Bodenentseuchung).	nc	alle	Bodenbürtige Schaderreger, Unkräuter	Hohe Einstrahlung erforderlich; wird daher oft in südlicheren Ländern gemacht; weiteres Problem: in der Zeit, in welcher Solarisation möglich wäre, werden Kulturen angebaut; zudem wird das Bodenleben stark gestört.

Massnahme	Art	Kultur	Schaderreger	Bemerkungen
Frühe Aussaat				
	v	Erbsen	Echter Mehltau	Produzent hat keinen Einfluss auf den Saattermin. Zudem ist Echter Mehltau normalerweise kein Problem bei Erbsen.
Mulchsaat				
	nc	Bohnen, Erbsen	Unkräuter	Erbsen und Bohnen werden knapp über der Erdoberfläche gepflückt. Ernterückstände der Vorkultur oder eine Mulchschicht (<i>in-situ</i> oder transfer) können das Erntegut verunreinigen.
Abflammen im Voraufbau				
	nc	Spinat	Unkräuter (Gräser werden weniger gut bekämpft)	Ausfälle sind zu gross, daher nicht praktikabel. (am erfolgversprechendsten in Kombination mit einem falschem Saatbeet, da Spinat meist schneller aufläuft als Unkräuter).
Einsatz der parasitischen Nematode <i>Steinernema carpocapsae</i>				
	nc	Bohnen, Erbsen, Spinat	Erdräupen	Erdräupen sind kein Problem
Bewässern, um feuchtigkeitsempfindliche Schädlinge wie Eulen- und Erdräupen einzudämmen				
	nc	Bohnen, Erbsen, Spinat	Eulen- und Erdräupen	Eulen- und Erdräupen sind kein Problem
Morgens bewässern statt abends				
Bestände trocknen schneller ab, dadurch breiten sich Pilzkrankheiten (wie z.B. Falscher Mehltau) langsamer aus	v	Bohnen, Erbsen, Spinat	Pilzkrankheiten	<ul style="list-style-type: none"> - Für die Bewässerung von 1 ha braucht es 4 bis 6 Stunden, daher wird eher nachts bewässert. - Pilzkrankheiten in Erbsen sind sehr selten ein Problem - Botrytis und Sclerotinia können durch diese Massnahme nicht eingeschränkt werden
Befallsherde mit Fettfleckenkrankheit (<i>Pseudomonas phaseolicola</i>) aus dem Bestand entfernen				
Verhindert/verzögert die Ausbreitung	nc	Bohnen	Pseudomonas	Befallsherde sind erst erkennbar, wenn die Bohnen schon stark befallen sind. Der Erreger hat sich bereits in noch gesund aussehenden Bohnen weiterentwickelt.
Behandlungsstopp mit Fungiziden gegen Falschen Mehltau, sobald der Bestand liegt				
Ab diesem Stadium richtet ein Befall mit Falschem Mehltau keinen Schaden mehr an.	rc	Zwiebeln	Falscher Mehltau	zu verworfenen Massnahmen, da es als Grundbedingung aufgenommen werden sollten

Massnahme	Art	Kultur	Schaderreger	Bemerkungen
Stickstoffdüngung max. 30 kg/ha				
N _{min} -Sollwert darf dabei nicht überschritten werden. Bohnen benötigen keinen bis sehr wenig Stickstoff; Befall mit Sclerotinia und anderen Pilzkrankheiten kann durch zurückhaltende N-Düngung reduziert werden.	v	Bohnen	Sclerotinia und andere Pilzkrankheiten	verworfen, da es eh schon Standard ist
Kein Chicorée als Vorkultur				
Verunkrautung durch Wiederaustreiben der Wurzeln wird vermieden, Einsparung von Herbiziden.	v	alle	Chicorée	Durchwuchs von Chicorée ist in allen Folgekulturen ein Problem; mit Herbiziden ohnehin kaum bekämpfbar.

8.1.4 Workshop Teilnehmende

Tabelle A. 4: Liste der neun Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Workshops

Name	Institution
Doimo, Vincent	Office Technique Maraîcher Sàrl
Hauenstein, Samuel	Forschungsinstitut für biologischen Landbau
Krauss, Jürgen	Agroscope, Extension Gemüsebau
Lüthi, Mirjam	IP-SUISSE
Neuweiler, Reto	Agroscope, Extension Gemüsebau
Schnieper, Suzanne	Landwirtschaftliches Zentrum Liebegg
Steiner, René	Inforama Seeland
Trautzi, Philipp	Arenenberg
Anonym	Gemüseproduzent

8.2 Entwicklung und Test Gesamtpunktesystem

Tabelle A. 5: Vorbeugende und nicht-chemische Massnahmen sowie Angaben zur Applikationstechnik, die bei der Betriebsumfrage erhoben wurden.

Anbautechnik
Wurde die Kultur gesät oder gepflanzt
Anbau auf Dämmen
Mulchsaat-/pflanzung
Sorte
Bewässerung
Bewässerung ja/nein
Ermittlung des Wasserbedarfs mittels Feuchtesensor oder Geisenheimer Methode?
Fruchtfolge
Getreideanteil innerhalb der letzten sieben Jahre
Anbau von Zwischenfrüchten
Präventive Massnahmen
Resistenzinduktoren, Pflanzenstärkungsmittel (bitte Produkt angeben)
Einsatz von Antagonisten im Boden (bitte Produkt angeben)
Tief pflanzen und anhäufeln
Nicht-chemische Krankheits- und Schädlingsbekämpfung
Befallenes Pflanzenmaterial aus Bestand entfernen und vernichten (bei Befall mit Bakteriosen, Botrytis oder Tomatenrostmilbe)
Kurze Bewässerung tagsüber gegen Thripse
Einsatz des Bakteriums <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> ssp. <i>plantarum</i> heromonen
Einsatz der parasitischen Nematode <i>Steinernema carpocapsae</i>
Einsatz der parasitischen Nematode <i>Phasmarhabditis hermaphrodita</i>
Kulturschutznetz

Mechanische und thermische Unkrautbekämpfung

Biologisch abbaubare Mulchfolie

Falsches Saat-/Pflanzbett

Blindstriegeln

Anhäufeln, z.B. mit Hack- oder Häufelgerät

Reihenunabhängige mechanische Unkrautbekämpfung, z.B. mit Striegel oder Netzegge

Mechanische Unkrautbekämpfung zwischen den Reihen, z.B. mit Schar-, Rollhacke oder Hackbürste

Mechanische Unkrautbekämpfung in der Reihe, z.B. mit Finger- oder Torsionshacke oder von Hand

Unkrautbekämpfung in der Reihe mit einem Hackroboter (Anbaugerät)

Bandspritzung Herbizide und mechanische Bekämpfung zwischen den Reihen

Abflammen vor der Saat

Abflammen im Voraufbau

Feldhygiene

Erntereste direkt nach der Ernte mulchen

Erntereste direkt nach der Ernte einarbeiten

Kompostierung von Ernterückständen, Rüst- und Sortierabfällen

Verwertung von Ernterückständen, Rüst- und Sortierabfällen in Vergärungsanlagen

Wärmedesinfektion von Ernterückständen, Rüst- und Sortierabfällen

Applikationstechnik (optionale Angaben)

Düsentyp

Einsatz von Feldbalken, Feldbalken mit Dropleg oder Spot-Spray-Technik

Bandspritzung

Wassermenge

Düsendruck

Fahrgeschwindigkeit