



Alternativer Pflanzenschutz im Acker- und Gemüsebau: Wo stehen wir?

Autorinnen und Autoren

Jan Waespe, Stève Breitenmoser, Floriane Bussereau,
Patrice de Werra, Giselher Grabenweger, Josep Massana Codina,
Sandie Masson, Tomke Musa, Reto Neuweiler, Cornelia Sauer,
Susanne Vogelgsang, Manuel Boss, Judith F. Blom



Impressum

Herausgeber	Agroscope Schwarzenburgstrasse 161 3003 Bern www.agroscope.ch
Auskünfte	Jan Waespe jan.waespe@agroscope.admin.ch
Titelbild	Arnaud Conne
Download	www.agroscope.ch/science
Copyright	© Agroscope 2026
ISSN	2296-729X
DOI	https://doi.org/10.34776/as226g
Sprachversionen	Diese Publikation ist auch auf Französisch verfügbar: https://doi.org/10.34776/as226f

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	4
Résumé	5
Summary	6
Riassunto	7
1 Der integrierte Pflanzenschutz	9
2 Notwendigkeit für neue Pflanzenschutzstrategien	13
3 Möglichkeiten und Grenzen alternativer Massnahmen	13
3.1 Unkrautregulierung	14
3.2 Krankheitsregulierung	18
3.3 Schädlingsregulierung	21
3.3.1 Raps	22
3.3.2 Zuckerrüben	24
3.3.3 Kartoffeln	26
3.3.4 Freilandgemüse	28
3.3.5 Schnecken, Vögel und Mäuse	31
4 Schlussfolgerung	32
4.1.1 Unkrautregulierung	33
4.1.2 Krankheitsregulierung	33
4.1.3 Schädlingsregulierung	33
4.1.4 Unterschiede zwischen Acker- und Gemüsebau	34
4.1.5 Ausblick	34
5 Danksagung	34
6 Literaturverzeichnis	35
7 Abbildungsverzeichnis	43
8 Tabellenverzeichnis	43

Zusammenfassung

Der **integrierte Pflanzenschutz** ist ein Konzept, welches verschiedene Methoden kombiniert, um Schadorganismen unter der wirtschaftlichen Schadschwelle zu halten. Die breite Basis bilden dabei präventive Massnahmen, vor allem in den Bereichen Pflanzengesundheit, Pflanzenzüchtung und Anbautechniken, wie gesundes Saatgut, robuste Sorten und ausgewogene Fruchtfolgen. Wenn dennoch eine Bekämpfung erforderlich ist, sollen biologische, biotechnische und physikalische (d. h. nicht-chemische Massnahmen) Vorrang haben, sofern diese verfügbar, wirksam und wirtschaftlich sind. Chemische Massnahmen sollen erst als letzte Möglichkeit ergriffen werden. Diese Publikation gibt einen Überblick über die präventiven Massnahmen und die nicht-chemischen Bekämpfungsmöglichkeiten gegen Unkräuter, Krankheiten und Schädlinge im Acker- und Freilandgemüsebau. Die Praxisreife und das Potenzial der Massnahmen werden beschrieben und laufende Forschungsprojekte aufgezeigt.

Die **Unkrautregulierung** ist ein zentraler Bestandteil beim Anbau von Kulturpflanzen, da eine starke Verunkrautung den Ertrag substantiell reduziert. Mit präventiven Massnahmen wie einer ausgewogenen Fruchtfolge und optimierten Anbaumethoden (Bodenbearbeitung, Saatzeitpunkt und -dichte sowie Düngung) kann der Unkrautdruck verringert werden. In der Kultur können die Unkräuter mit verschiedenen mechanischen und physikalischen Methoden reguliert werden. Diese haben bei optimalen Bedingungen eine gute Wirkung, welche jedoch bei Problemunkräutern und ungünstigen Wetterbedingungen begrenzt ist. Zudem sind diese Methoden meistens zeitaufwändiger als chemische Massnahmen. Die nicht-chemische Unkrautregulierung ist eine grosse Herausforderung, insbesondere in konkurrenzschwachen Kulturen wie Zuckerrüben oder Freilandgemüse. Eine Kombination aus mechanischer und chemischer Bekämpfung kann für solche Kulturen zielführend sein.

Die wichtigsten präventiven Massnahmen gegen **Krankheiten** sind gesundes Saatgut, robuste Sorten, ausgewogene Fruchtfolgen und eine gute Feldhygiene. Mit diesen Massnahmen kann der Einsatz von Fungiziden in Getreide, Mais, Raps, Sonnenblumen, Soja, Eiweisserbsen und Ackerbohnen mit einer leichten Ertragsreduktion weitgehend vermieden werden. In Kartoffeln, Zuckerrüben und Freilandgemüse können präventive Massnahmen, insbesondere robuste Sorten, den Fungizideinsatz reduzieren, ein vollständiger Verzicht ist heute aber oft nicht praktikabel. Nicht-chemische Bekämpfungsmöglichkeiten sind in begrenztem Umfang vorhanden: Potenzial haben physikalische Behandlungen von Saatgut mit Dampf, Warmwasser oder Elektronen gegen Krankheiten, deren Erreger über das Saatgut übertragen werden.

Schädlinge können in Getreide, Mais, Sonnenblumen, Soja, Eiweisserbsen und Ackerbohnen mit präventiven Massnahmen wie Fruchtfolge und der Schonung von Nützlingen meistens ausreichend kontrolliert werden, da Schäden in einem gewissen Umfang kompensiert werden. Raps, Kartoffeln, Zuckerrüben und Freilandgemüse werden jedoch von Schädlingen mit einem hohen Schadpotenzial befallen, so dass präventive und nicht-chemische Massnahmen bisher oft nicht ausreichen und der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln häufig erforderlich ist. Einige Ansätze, wie die Fruchtfolge bei Zuckerrüben oder der Einsatz von *Bacillus thuringiensis* gegen Kartoffelkäfer, haben sich als wirksam erwiesen, Untersaaten im Raps zeigen ein Potenzial. Zu weiteren Massnahmen wird noch geforscht.

Die Herausforderungen im Gemüsebau sind aufgrund der hohen **Qualitätsanforderungen** des Marktes und der Konsumentinnen und Konsumenten grösser als im Ackerbau. Mit Blick auf einen reduzierten Einsatz von Pflanzenschutzmitteln könnte es sinnvoll sein, die privatrechtlich geregelten Qualitätsanforderungen für Gemüse bezüglich rein optischer und lebensmittelrechtlich unbedenklicher Aspekte zu hinterfragen, eventuell zu reduzieren und einen gewissen Schädlingsbesatz zu tolerieren. Zudem könnten die mit alternativen Pflanzenschutzmassnahmen verbundenen Zusatzaufwendungen und höheren Ertragsrisiken durch höhere **Lebensmittelpreise** oder andere Massnahmen ausgeglichen werden, damit sie wirtschaftlich rentabel sind. Die erfolgreiche Umsetzung von alternativen Pflanzenschutzmassnahmen ist somit auch direkt vom Markt und von den Konsumentinnen und Konsumenten abhängig.

Zahlreiche Forschungsprojekte von Agroscope und anderen Forschungseinrichtungen untersuchen die Möglichkeiten, präventive und nicht-chemische Massnahmen zu erarbeiten und praxistauglich zu machen. In seinem neuen Arbeitsprogramm 2026–2029 legt Agroscope einen noch stärkeren Fokus auf **Wirkung und Praxisnutzen**; Bereiche wie Pflanzenschutz und Pflanzenzüchtung werden gestärkt¹. Hier setzt auch die neue Strategie des BLW

¹ [Forschung mit Fokus auf Wirkung und Praxisnutzen](#), Medienmitteilung von Agroscope, 20.1.2026.

«Strategie für einen nachhaltigen Schutz der Kulturen 2035²» an. Beide haben das Ziel, den integrierten Pflanzenschutz zu einem modernen und umfassenden Schutz der Kulturen weiterzuentwickeln.

Résumé

La **protection intégrée des cultures** est un concept qui combine plusieurs méthodes visant à maintenir les organismes nuisibles en dessous du seuil de tolérance économique. Elle repose avant tout sur des mesures préventives, en particulier dans les domaines de la protection des végétaux, de la sélection végétale et des techniques culturales, comme l'utilisation de semences saines, de variétés robustes ou encore la mise en place de rotations équilibrées. Si des mesures de lutte s'avèrent malgré tout nécessaires, les méthodes biologiques, biotechniques et physiques (c'est-à-dire non chimiques) doivent être privilégiées, à condition qu'elles soient disponibles, efficaces et économiquement viables. Les mesures chimiques ne doivent être prises qu'en dernier recours. Cette publication donne un aperçu des mesures préventives et des moyens de lutte non chimiques contre les mauvaises herbes, les maladies et les ravageurs dans les grandes cultures et les cultures maraîchères de plein champ. Elle décrit le caractère opérationnel de ces approches et leur potentiel ainsi que les projets de recherche en cours.

Le **contrôle des adventices** constitue un élément essentiel de la culture des plantes, car une forte pression des mauvaises herbes peut entraîner une baisse significative des rendements. Cette pression peut être réduite à l'aide de mesures préventives telles qu'une rotation équilibrée des cultures ou l'optimisation des pratiques culturales (travail du sol, choix de la période et de la densité de semis, fertilisation). Dans les cultures, plusieurs méthodes mécaniques et physiques permettent de réguler les adventices. Elles peuvent être très efficaces lorsque les conditions sont favorables, mais leur effet est limité avec les adventices problématiques et lorsque les conditions météorologiques défavorables. De plus, ces méthodes sont souvent plus chronophages que les solutions chimiques. La lutte non chimique contre les adventices représente un défi majeur, surtout dans les cultures peu compétitives comme la betterave sucrière ou les légumes de plein champ. Une combinaison de lutte mécanique et chimique peut être efficace dans ce type de cultures.

Les mesures préventives les plus importantes contre **les maladies** sont l'utilisation de semences saines, de variétés robustes, la mise en place d'une rotation équilibrée des cultures ainsi qu'une bonne hygiène des champs. Ces pratiques permettent, dans une large mesure, d'éviter l'utilisation de fongicides dans les cultures de céréales, de maïs, de colza, de tournesol, de soja, de pois protéagineux et de féveroles, moyennant une légère baisse du rendement. Pour les pommes de terre, les betteraves sucrières et les légumes de plein champ, les mesures préventives, surtout les variétés robustes, peuvent réduire l'utilisation de fongicides, mais aujourd'hui, il n'est souvent pas possible de s'en passer totalement. Les options de lutte non chimiques sont limitées: les traitements physiques des semences (vapeur, eau chaude ou traitement par électrons) utilisés contre les maladies dont les agents pathogènes sont transmis par les semences, présentent un certain potentiel.

Les ravageurs peuvent généralement être maîtrisés de manière suffisante dans les cultures de céréales, de maïs, de tournesol, de soja, de pois protéagineux et de féveroles grâce à des mesures préventives telles que la rotation des cultures et la mise en place de conditions favorables pour les auxiliaires, car les dégâts peuvent en partie être compensés. En revanche, le colza, les pommes de terre, les betteraves sucrières et les légumes de plein champ sont attaqués par des ravageurs susceptibles de provoquer des dégâts importants, ce qui fait que les mesures préventives et non chimiques ne suffisent pas et qu'il faut souvent recourir aux produits phytosanitaires. Certaines approches, comme la rotation des cultures pour les betteraves sucrières ou l'utilisation du *Bacillus thuringiensis* contre le doryphore, se sont avérées efficaces, tandis que les sous-semis dans le colza présentent un certain potentiel. D'autres mesures font encore l'objet de recherches.

Dans les cultures maraîchères, les enjeux sont plus importants que dans les grandes cultures, en raison des **exigences de qualité** élevées imposées par le marché ainsi que par les consommatrices et les consommateurs. En vue de réduire l'utilisation de produits phytosanitaires, il pourrait être utile de revoir les critères de qualité appliqués aux légumes, critères relevant du droit privé, notamment lorsqu'il s'agit d'aspects purement esthétiques qui ne

² [Strategie für einen nachhaltigen Schutz der Kulturen 2035](#), Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), 12.1.2026.

présentent aucun risque au regard du droit alimentaire. Une légère réduction de ces exigences et une certaine tolérance à la présence de ravageurs pourraient aussi être envisagées. En plus, les coûts supplémentaires et les risques accrus en termes de rendement liés aux mesures alternatives de protection des plantes pourraient être compensés par des **prix** plus élevés pour les denrées alimentaires ou par d'autres mesures, de manière à assurer leur rentabilité. La réussite de l'adoption de telles approches dépend donc directement du marché ainsi que des attentes des consommatrices et des consommateurs.

Plusieurs projets de recherche d'Agroscope et d'autres instituts de recherche étudient comment mettre au point des mesures préventives et non chimiques et les adapter aux conditions de la pratique. Dans son nouveau programme d'activité 2026-2029, Agroscope met encore plus l'accent sur les **effets et l'utilité pour la pratique**; des domaines comme la protection des plantes et la sélection végétale sont renforcés³. La nouvelle stratégie de l'OFAG «Stratégie pour une protection durable des cultures à l'horizon 2035⁴» s'inscrit dans la même dynamique. Les deux visent à faire évoluer la protection intégrée des cultures vers une protection moderne et globale.

Cette publication est également disponible en français: <https://doi.org/10.34776/as226f>

Summary

Integrated pest management is a concept that combines various methods to keep harmful organisms below the economic threshold. Preventive measures, particularly in the areas of plant health, plant breeding and cultivation techniques, such as healthy seed, robust varieties and balanced crop rotations, form the broad basis for this. If, however, control measures become necessary, biological, biotechnical and physical (i.e. non-chemical) measures should be prioritised, provided that these are available, effective and economically viable. Chemical measures are only to be taken as a last resort. This publication gives an overview of the preventive measures and the non-chemical options for controlling weeds, diseases and pests in arable farming and field vegetable cultivation. Practical applicability and the potential of the measures are described and ongoing research projects are highlighted.

Weed control is a key component in crop cultivation, since heavy weed infestation substantially reduces yield. Preventive measures such as a balanced crop rotation and optimised cultivation methods (tillage, time and density of sowing, fertilisation) can reduce weed pressure. Weeds in the crop can be controlled by various mechanical and physical methods. Given optimal conditions, these methods achieve a good effect, which is, however, reduced by problem weeds and unfavourable weather conditions. Moreover, these methods are usually more time-consuming than chemical measures. Non-chemical weed control poses a major challenge, particularly in non-competitive crops such as sugar beet or field vegetables. A combination of mechanical and chemical control may be advisable for such crops.

The main preventive measures for controlling **diseases** are healthy seed, robust varieties, balanced crop rotations and good field hygiene. With these measures, the use of fungicides in cereal crops, maize, oilseed rape, sunflower, soybean, field peas and broad beans can be largely avoided, with a slight yield reduction as the tradeoff. Although preventive measures can reduce fungicide use in potato, sugar beet and field vegetables, particularly in the case of disease-resistant varieties, completely dispensing with the use of fungicides is often not feasible at present. Non-chemical methods are available to a limited extent: physical treatment of seed with steam, warm water or electrons to control diseases whose pathogens are transmitted via the seed are potentially effective.

Pests in cereal crops, maize, sunflower, soybean, field peas and broad beans can usually be adequately controlled with preventive measures such as crop rotation and the protection of beneficials, since damage can be offset to a certain extent. However, oilseed rape, potatoes, sugar beet and field vegetables are infested by pests with a high damage potential, which means that preventive and non-chemical measures have frequently proven insufficient to date and the use of plant-protection products is often necessary. A number of approaches have proven effective, such as crop rotation for sugar beet or the use of *Bacillus thuringiensis* to control Colorado potato beetle, and undersowings in oilseed rape have shown potential. Further measures are still being researched.

³ [Recherche axée sur l'impact et l'utilité pour la pratique](#), communiqué de presse d'Agroscope, 20.1.2026.

⁴ [Stratégie pour une protection durable des cultures à l'horizon 2035](#), Office fédéral de l'agriculture (OFAG), 12.1.2026.

Due to the high **quality demands** of the market and consumers, challenges in vegetable production are greater than in arable farming. With a view to reducing the use of plant protection products, it might be worthwhile to question the private-law quality standards for vegetables in terms of aspects that are purely optical or are non-hazardous in terms of food safety, and perhaps lower these standards and tolerate a certain level of pest infestation. Furthermore, the additional expenditure and higher yield-loss risks associated with alternative plant protection measures could be counterbalanced by higher **food prices** or other measures to render the crops economically profitable. The successful implementation of alternative plant protection measures is thus also directly dependent on the market and on consumers.

Numerous research projects conducted by Agroscope and other research institutions are investigating options for developing preventive and non-chemical measures and their practical applicability. Agroscope's new 2026-2029 Work Programme places an even greater emphasis on **impact and practical benefits**; areas such as plant protection and plant breeding are being strengthened.⁵ This is where the FOAG's new "Strategy for sustainable crop protection 2035"⁶ comes in: Both programmes aim to develop integrated plant protection into a modern and comprehensive crop protection strategy.

Riassunto

La **protezione integrata dei vegetali** è un concetto che combina vari metodi volti a mantenere gli organismi nocivi al di sotto della soglia di tolleranza economica. Si basa soprattutto su misure preventive, in particolare nei settori della salute delle piante, della selezione vegetale e delle tecniche colturali, come l'impiego di sementi sane, di varietà robuste e l'adozione di rotazioni equilibrate. Se tuttavia si rendono necessarie misure di lotta, la priorità va data alle tecniche biologiche, biotecniche e fisiche (cioè non chimiche), purché siano disponibili, efficaci ed economicamente sostenibili. Le misure chimiche devono essere adottate solo come ultima risorsa. La presente pubblicazione fornisce una panoramica delle misure preventive e delle opzioni di lotta non chimiche contro le piante infestanti, le malattie e i parassiti nelle grandi colture e nelle colture orticole in pieno campo. Descrive l'applicabilità pratica di questi approcci, il loro potenziale e i progetti di ricerca in corso.

La **regolazione delle erbe infestanti** è un elemento centrale nella produzione vegetale, poiché una forte infestazione può ridurre sostanzialmente la resa. La pressione delle erbe infestanti può essere ridotta mediante misure preventive come una rotazione colturale equilibrata e pratiche agronomiche ottimizzate (lavorazione del suolo, scelta del periodo e della densità di semina, concimazione). A coltura avviata, le infestanti possono essere controllate per mezzo di diversi metodi meccanici e fisici, la cui efficacia risulta buona in condizioni ottimali, ma limitata in caso di infestanti problematiche e condizioni meteorologiche sfavorevoli. Inoltre, tali metodi richiedono spesso più tempo rispetto alle soluzioni chimiche. La regolazione non chimica delle infestanti è una sfida importante, soprattutto nelle colture poco competitive come la barbabietola da zucchero o gli ortaggi in pieno campo. In questo tipo di colture può essere più appropriata una combinazione di metodi meccanici e chimici.

Le principali misure preventive contro le **malattie** sono l'utilizzo di sementi sane, varietà robuste, l'adozione di rotazioni colturali equilibrate e una buona igiene dei campi. Queste pratiche permettono di evitare in larga misura l'impiego di fungicidi nelle colture di cereali, mais, colza, girasoli, soia, piselli proteici e fave a fronte di una leggera riduzione nella resa. Nel caso di patate, barbabietole da zucchero e ortaggi coltivati in pieno campo, le misure preventive, in particolare la scelta di varietà robuste, possono ridurre l'uso dei fungicidi, ma una rinuncia completa è oggi spesso poco praticabile. Le opzioni di lotta non chimica sono limitate: i trattamenti fisici delle sementi con vapore, acqua calda o elettroni mostrano potenzialità contro quelle malattie i cui agenti patogeni sono trasmessi tramite le sementi.

Generalmente i **parassiti** possono essere controllati adeguatamente nelle colture di cereali, mais, girasoli, soia, piselli proteici e fave adottando misure preventive come la rotazione colturale e la promozione degli organismi utili, che permettono di compensare in certa misura i danni. Tuttavia, colza, patate, barbabietole da zucchero e ortaggi coltivati in campo aperto vengono attaccati da parassiti con un elevato potenziale nocivo; di conseguenza, le misure

⁵ [Research with a Focus on Impact and Practical Benefits](#), Agroscope press release, 20 Jan 2026.

⁶ [Strategy for Sustainable Crop Protection 2035](#), Federal Office for Agriculture (FOAG), 12 Jan 2026.

preventive e non chimiche sono spesso insufficienti e si rende sovente necessario l'impiego di prodotti fitosanitari. Alcune contromisure si sono dimostrate efficaci, ad esempio la rotazione delle colture per la barbabietola da zucchero o l'uso del *Bacillus thuringiensis* contro la dorifora, mentre la sottosemina mostra un certo potenziale per la colza. Ulteriori misure sono ancora in fase di studio.

L'orticoltura presenta maggiori sfide rispetto alla campicoltura, a causa degli elevati **requisiti qualitativi** richiesti dal mercato e da consumatrici e consumatori. Per ridurre l'uso di prodotti fitosanitari, potrebbe essere opportuno rivedere i requisiti di qualità degli ortaggi regolamentati dal diritto privato, soprattutto per quanto riguarda gli aspetti puramente estetici e quelli che non comportano rischi per la sicurezza alimentare, eventualmente abbassandoli e tollerando un determinato livello di presenza di parassiti. Inoltre, i costi aggiuntivi e i maggiori rischi di perdita di resa associati alle misure alternative di protezione dei vegetali potrebbero essere compensati da un aumento nei **prezzi delle derrate alimentari** o da altre misure che ne garantiscano la redditività. Il successo nell'implementazione di misure fitosanitarie alternative dipende quindi anche direttamente dal mercato e da consumatrici e consumatori.

Numerosi progetti di ricerca di Agroscope e di altri istituti sono incentrati su come sviluppare e rendere più applicabili misure preventive e non chimiche. Nell'ambito del suo nuovo programma d'attività 2026-2029, Agroscope si concentra ancora di più su **efficacia e benefici pratici**; saranno quindi rafforzati ambiti quali la protezione dei vegetali e la selezione vegetale⁷. In questo contesto si inserisce anche la nuova strategia dell'UFAG "Strategia per una protezione sostenibile delle colture 2035"⁸. Entrambi i programmi mirano a sviluppare ulteriormente la protezione integrata dei vegetali verso un approccio moderno e globale.

⁷ [Ricerca orientata all'efficacia e all'utilità pratica](#), comunicato stampa di Agroscope, 20.1.2026.

⁸ [Strategia per una protezione sostenibile delle colture 2035](#), Ufficio federale dell'agricoltura (UFAG), 12.1.2026.

1 Der integrierte Pflanzenschutz

Das Ziel von Pflanzenschutzmassnahmen ist es, eine gute Produktqualität sowie hohe und insbesondere stabile Erträge zu erzielen. Jährliche Ertragschwankungen aufgrund von Wetterbedingungen stellen angesichts des Klimawandels und der damit verbundenen Ausbreitung von Schaderregern eine Herausforderung für die Ernährungssicherheit der Bevölkerung dar (Ritzel & von Ow 2023). Wetterextreme haben mit dem Klimawandel zugenommen. Diese führen zu Ertrags- und Qualitätseinbussen und zu unsicheren landwirtschaftlichen Erträgen (Wuyts *et al.* 2023). Umso wichtiger ist es, die Pflanzen gegen Schädlinge, Unkräuter und Krankheiten zu schützen. Der integrierte Pflanzenschutz ist ein Konzept, welches verschiedene Methoden kombiniert, um Schadorganismen unter der wirtschaftlichen Schadschwelle zu halten. Dabei steht die bewusste Ausnutzung natürlicher Begrenzungsfaktoren im Vordergrund (Häni *et al.* 2022). Als erster Schritt sollen präventive Massnahmen wie eine ausgewogene Fruchtfolge und an die Kultur angepasste Anbaumethoden, Düngung und Bewässerung sowie robuste Sorten und gesundes Saat- und Pflanzgut die Anfälligkeit gegenüber Schadorganismen möglichst geringhalten. In einem weiteren Schritt unterstützen verschiedene Entscheidungshilfen die Bewirtschafterinnen und Bewirtschafter bei der Bestimmung des richtigen Zeitpunkts, wann eine Bekämpfungsmassnahme erforderlich ist. Zuerst sollen biologische, biotechnische oder physikalische (d. h. nicht-chemische) Massnahmen umgesetzt werden, sofern solche vorhanden sind. Erst danach werden, falls noch erforderlich, chemische Pflanzenschutzmittel (PSM) eingesetzt (Abbildung 1).

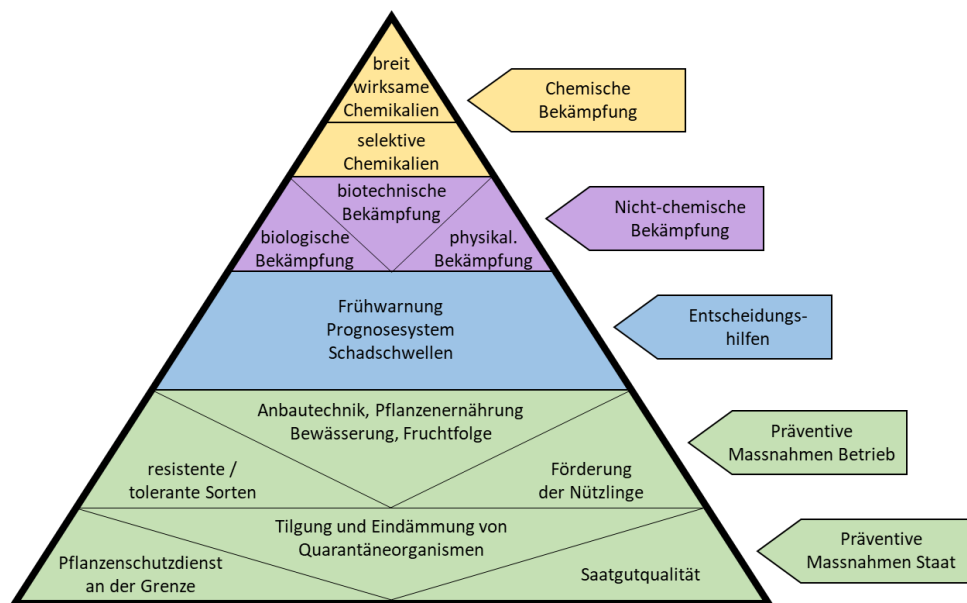


Abbildung 1 Die Pyramide des integrierten Pflanzenschutzes.

Wie die verschiedenen Massnahmen der Pyramide konkret umzusetzen und zu kombinieren sind, hängt von der Kultur, dem Standort, dem Boden, dem Wetter, der Fruchtfolge sowie der Marktstrategie, der Risikobereitschaft und der Ausrüstung des Betriebes ab. Zudem ist zu beachten, dass Massnahmen, insbesondere in der Anbautechnik, auch einen Einfluss auf andere Faktoren haben, wie z.B. auf die Bodenfruchtbarkeit, die Wasserverfügbarkeit und den Treibstoffverbrauch. Es geht bei der Umsetzung des integrierten Pflanzenschutzes darum, für jeden Betrieb unter Berücksichtigung der vorherrschenden Bedingungen und Ziele den bestmöglichen Kompromiss zu finden.

Präventive Massnahmen auf nationaler Ebene

Mit der zunehmenden Globalisierung und dem wachsenden Reiseverkehr steigt das Risiko, dass **invasive Pflanzenschädlinge und Krankheiten** eingeschleppt werden. Diese können die Kulturpflanzen erheblich schädigen. Der Eidgenössische Pflanzenschutzdienst (EPSD) hat die Aufgabe, das Einschleppen und die Verbreitung von Pflanzenkrankheiten und -schädlingen zu verhindern (BLW 2025). Das Schweizer Pflanzengesundheitsrecht (SR 916.20) wurde 2020 an das EU-Recht angepasst, um den Schutz der Kulturen vor neuen, besonders schädlichen Organismen zu stärken. Es wurden strengere Bestimmungen für die Einfuhr von pflanzlichen Waren und verstärkte Präventionsmassnahmen eingeführt (BR 2024). Allerdings wird es wegen des

stetig wachsenden internationalen Waren- und Personenverkehrs immer schwieriger, die Einschleppung neuer Schadorganismen komplett zu verhindern. Häufig gelingt es jedoch, deren Verbreitung und Etablierung zu verzögern, um Zeit für die Entwicklung wirksamer Bekämpfungsmassnahmen zu gewinnen.

Gesundes **Saat- und Pflanzgut** robuster Sorten ist ein Eckpfeiler für eine erfolgreiche pflanzliche Produktion (Häni *et al.* 2022; BLW 2008). Das in kleinen Mengen vorhandene Ausgangsmaterial der Züchter muss über mehrere Generationen so lange vermehrt werden, bis ausreichend Saat- und Pflanzgut für die landwirtschaftlichen Betriebe zur Verfügung steht. Weil sich Krankheiten und Unkrautsamen in der Vermehrung vervielfachen und sich daher weiter ausbreiten können, gelten strenge Anforderungen an die Saat- und Pflanzgutproduktion. Durch Saatgut übertragene Krankheitserreger sind weltweit von grosser Bedeutung. Mit chemischen Beizmitteln konnte ihre Ausbreitung sehr effektiv verhindert werden. Zudem schützen Beizmittel auch gegen Krankheiten, welche bereits im Boden vorhanden sind. Das Angebot wirksamer und für den biologischen Anbau zugelassener Beizmittel ist sehr begrenzt. Daher werden für Bio- und IP-Saatgut bei der Saatgutzertifizierung zusätzlich zu den Feldkontrollen auch Gesundheitsuntersuchungen des Saatgutes durchgeführt (Bänziger *et al.* 2023). Ist das Saatgut gesund, muss es nicht gebeizt werden, allerdings fehlt dann ein Schutz gegen allfällige Krankheiten, welche bereits im Boden vorhanden sein können. Mit der obligatorischen Zertifizierung sind die Keimfähigkeit, Gesundheit und Reinheit des Saat- und Pflanzgutes für die wichtigsten Kulturpflanzen im Acker- und Futterbau auf hohem Niveau.

Präventive Massnahmen auf Betriebsebene

Mit einer **ausgewogenen Fruchtfolge** können insbesondere bodenbürtige Krankheiten (z.B. Schwarzbeinigkeit oder Halmbruch bei Getreide) und einige Schädlinge (z.B. Nematoden, Maiswurzelbohrer) effektiv kontrolliert werden (AGRIDEA 2023a). Auch beim Unkrautmanagement spielt die Fruchtfolge eine entscheidende Rolle (Häni *et al.* 2022). In der Schweiz werden die Fruchtfolgen aufgrund der ÖLN-Regeln relativ ausgewogen angelegt, so dass klassische Fruchtfolgekrankheiten seltener auftreten. Ein zusätzliches Potenzial hat die **regionale Fruchtfolge**, auch springende Fruchtfolge genannt. Dabei wird nicht nur berücksichtigt, welche Kulturen in der Vergangenheit auf der Parzelle standen, sondern auch, welche Kulturen im Vorjahr in der Nähe der Parzelle angebaut wurden (Häni *et al.* 2022). Grundsätzlich steigt der Druck mobiler Schädlinge und Krankheiten in Abhängigkeit zur Fläche, auf welcher Wirtspflanzen im Vorjahr in der Region angebaut wurden. Wie gross der Abstand zwischen den Anbauflächen sein sollte, hängt stark von den Eigenschaften der Krankheiten und Schädlinge ab. Um eine regionale Fruchtfolgeplanung umzusetzen, ist eine Koordination zwischen den landwirtschaftlichen Betrieben erforderlich.

Pflanzensorten können unterschiedliche Anfälligkeiten auf Krankheiten und teilweise auch auf Schädlinge aufweisen. Die Züchtung **robuster Sorten** hat zum Ziel, Pflanzen zu entwickeln, die vor allem widerstandsfähiger gegen Krankheiten (und teilweise auch weniger anfällig für Schädlinge) sind (SGP 1986). Die Züchtung und Sortenprüfung sind der Schlüssel für weitere Sortenverbesserungen. Neue Züchtungsmethoden können hier eine wichtige Rolle spielen. Sie ermöglichen eine gezieltere und dadurch schnellere Züchtung von neuen robusten Sorten (Kümin *et al.* 2023). Allerdings ist die Sortenwahl nicht die alleinige Entscheidung des Betriebes; sie hängt auch stark von den Anforderungen der Verarbeiter und des Handels an die Qualität des Ernteprodukts ab. Es gibt keine Sorte, die alle Ansprüche erfüllen kann.

Die **Anbautechnik** spielt im Unkrautmanagement eine zentrale Rolle. Auch die Verbreitung und der Befallsdruck von Schädlingen und Krankheiten können beeinflusst werden. Die Bodenbearbeitung hat einen Einfluss auf die Bodenstruktur, -feuchtigkeit und -temperatur und kann so einen positiven oder negativen Einfluss auf die Schadorganismen und deren natürlichen Gegenspieler haben (Bovey *et al.* 1979). In der Regel sind die Zusammenhänge jedoch komplex und nur schwer gezielt zu beeinflussen. Eine wichtige Rolle spielt die Feldhygiene: Die Zerkleinerung und schnelle, oberflächliche Einarbeitung von Ernterückständen sind wichtige Massnahmen, um die Verbreitung von Krankheiten und Schädlingen zu reduzieren. Unkräuter, welche als Zwischenwirt für Krankheiten und Schädlinge fungieren, sollten entfernt werden, auch im Feldrandstreifen (Bovey *et al.* 1979; swiss granum 2022). Die Saatbettbereitung, Saattiefe und -zeitpunkt sind ebenfalls wichtige Elemente. Schnell auflaufende Kulturen verbleiben weniger lang in einem anfälligen Stadium (Häni *et al.* 2022). Hohe Saattedichten machen die Kulturen anfälliger für Krankheiten, während ein dünner Bestand Unkräuter und Ausfälle durch Schädlinge begünstigt (Häni *et al.* 2022). Der Anbau gewisser Gemüsekulturen auf Dämmen kann gegen bodenbürtige Wurzelkrankheiten und Fäulnis wirken (Sauer *et al.* 2020), Untersaaten können gewisse Schädlinge ablenken und Unkräuter unterdrücken (Häni *et al.* 2022; Schneider *et al.* 2024; Breitenmoser *et al.* 2020).

Eine **bedarfsgerechte Düngung** ist für ein gutes Pflanzenwachstum wichtig. Sind Nährstoffe unzureichend verfügbar, kann es zu physiologischen Mangelerscheinungen kommen (Bovey *et al.* 1979). Mängel schwächen die Pflanzen, welche dadurch den Schaderregerdruck weniger gut kompensieren können. Eine übermässige Düngung, insbesondere mit Stickstoff, kann die Pflanzen hingegen empfindlicher für gewisse Schädlinge und Krankheiten machen (Bovey *et al.* 1979) und das Wachstum von Unkräutern fördern. Die Art des Düngers hat einen grossen Einfluss auf die Bodenfruchtbarkeit. Organische Dünger wie Mist oder Kompost fördern das Mikrobiom im Boden, welches gewisse Bodenkrankheiten unterdrücken kann. Andere Krankheiten können durch organisches Material aber auch gefördert werden (Lutz 2024). Insbesondere nicht-verrotteter Mist und unreifer Kompost können Saatfliegen anlocken und Krankheiten wie Kohlhernie fördern (Häni *et al.* 2022; Schwarz *et al.* 1990) oder Unkrautsamen enthalten. Mit einer Kalkdüngung kann der pH-Wert des Bodens erhöht und einzelne bodenbürtige Krankheiten wie die Kohlhernie oder die Mehlkrankheit der Zwiebel unterdrückt werden (Koller *et al.* 2007; Neuweiler *et al.* 2009).

Pflanzen mit einer ausreichenden **Wasserversorgung** können Beeinträchtigungen durch Schädlinge besser kompensieren. Nasse Bestände hingegen sind anfälliger auf Krankheiten (Häni *et al.* 2022). Nach einer Bewässerung müssen die Blätter daher möglichst schnell abtrocknen. Bei Reihenkulturen sind nach Möglichkeit Bewässerungstechniken wie die Tropfbewässerung einzusetzen, bei denen die oberirdischen Pflanzenorgane nicht benetzt werden.

Viele Schädlinge haben natürliche Gegenspieler in der Umwelt, die als **Nützlinge** bezeichnet werden. Auch verschiedene entomopathogene Organismen (u.a. Pilze, Bakterien, Viren, Nematoden) können Schädlinge dezimieren und Massenvermehrungen vorbeugen. Es gibt Nützlinge mit einem eher unspezifischen Beutespektrum (z.B. Vögel, Spinnen) und andere mit einem ganz spezifischen Wirtsspektrum (z.B. Schlupfwespen). Die meisten Nützlinge sind auf vielfältige und mehrjährige Lebensräume angewiesen, welche alternative Nahrungsressourcen und Überwinterungsmöglichkeiten bieten. Diese müssen in erreichbarer Distanz zu den landwirtschaftlichen Flächen liegen (Häni *et al.* 2022). Es gibt verschiedene Studien, die einzelne positive Effekte (z.B. Parasitierungsgrade) gegen bestimmte Schädlinge beschrieben haben (Büchi 2002; Tschumi *et al.* 2015 und 2016b; Luka & Koller 2019; Luka *et al.* 2021; Albrecht *et al.* 2020; Stöckli *et al.* 2024). In Kulturen mit tieferen Qualitätsanforderungen an den Schädlingsbesatz und bei Schädlingen, die nur in grosser Zahl über einen längeren Zeitraum Schäden verursachen, funktioniert die natürliche Regulation in der Regel gut. Ein bekanntes Beispiel ist die natürliche Regulierung von Blattläusen und Getreidehähnchen, welche in der Schweiz in Ackerkulturen meistens nicht bekämpft werden müssen. Zum Erfolg beigetragen hat hier insbesondere der zuerst freiwillige und ab 1999 im ÖLN geforderte Einsatz nützlingsschonender PSM sowie die Direktzahlungsbeiträge für den Verzicht auf Insektizide, Fungizide und Wachstumsregulatoren in gewissen Ackerkulturen. Gegen Schädlinge, welche in kurzer Zeit grössere Schäden verursachen, oder in Gemüsekulturen, in denen derzeit kaum Schädlingsbesatz akzeptiert wird, stösst die natürliche Regulation jedoch an ihre Grenzen. Natürliche oder halbnatürliche Lebensräume (wie z.B. Blühstreifen) können zudem nicht nur Nützlingen, sondern auch Schädlingen (Schnecken, Mäuse) und Krankheiten (z.B. Mutterkorn, Rostpilze) einen Lebensraum bieten und zu Unkrautproblemen führen (Ruchti & Studer 2015; Versuchsstation Gemüsebau 2025; Häni *et al.* 2022). In verschiedenen Projekten hat sich auch gezeigt, dass eine gute und ausgewogene Etablierung von Samenmischungen (z.B. für Nützlingsstreifen) eine Herausforderung ist und sich je nach Umweltbedingung unterschiedliche in einer solchen Mischung enthaltene Pflanzenarten durchsetzen. Einige natürliche Gegenspieler können auch unter kontrollierten Bedingungen (industriell) vermehrt und in Form von Antagonisten-Präparaten in der Kultur aktiv ausgebracht werden. Dies zählt zur biologischen Bekämpfung und erfordert eine Zulassung als PSM (siehe unten).

Entscheidungshilfen

Die Schadschwelle ist erreicht, wenn der Nutzen eines bestimmten Bekämpfungsverfahrens gleich gross ist wie dessen Kosten. In der Praxis muss mit der **Bekämpfungsschwelle** gearbeitet werden. Diese sagt voraus, dass die Schadschwelle bei der zu erwartenden weiteren Entwicklung überschritten werden dürfte. Sie bezeichnet die Schaderregerdichte, ab der Bekämpfungsmassnahmen sinnvoll sind. Die Bekämpfungsschwellen werden durch verschiedene wechselnde Faktoren beeinflusst und sind daher Annäherungs- und Richtwerte (Häni *et al.* 2022). Die Arbeitsgruppe für Bekämpfungsschwellen im Feldbau (AG BKS) erarbeitet die Bekämpfungsschwellen, welche regelmässig durch AGRIDEA publiziert werden (AGRIDEA 2025d). Für Unkräuter ist die Anwendung von Bekämpfungsschwellen komplexer. Es kommen in der Regel Gemeinschaften von mehreren Unkräutern vor. Zudem

schädigen Unkräuter nicht nur die jeweils vorhandenen Kulturpflanzen innerhalb eines Jahres, sondern können sich aufgrund des Samenvorrats im Boden über mehrere Jahre als problematisch erweisen (Masson *et al.* 2021). Daher ist die Entwicklung von Entscheidungshilfe-Tools für Unkräuter erforderlich.

Für einige wichtige Krankheiten und Schädlinge stehen **Prognosesysteme** zur Verfügung. Diese modellieren auf Basis von Wetterdaten und Beobachtungen den Krankheits- und Schädlingsdruck. Im Ackerbau stehen die Prognosemodelle PhytoPRE (Kraut- und Knollenfäule in Kartoffeln) und FusaProg (Fusarium in Getreide) zur Verfügung. Zudem wird ein Monitoring von Blattläusen und dem Maiszünsler durchgeführt (siehe Plattform Agrometeo). Im Rahmen des Projekts Agrometeo+ wird die Plattform Agrometeo modernisiert und alle Prognosesysteme werden zentral bereitgestellt. Im Ackerbau informieren die kantonalen Fachstellen regelmässig über die Befallssituation von verschiedenen Schadorganismen und geben Pflanzenschutzempfehlungen ab. Im Gemüsebau erfolgt dies über die Gemüsebau-Info (GBI) von Agroscope.

Nicht-chemische Bekämpfung

In der **biologischen Bekämpfung** werden Schädlinge oder seltener auch Krankheiten durch das Ausbringen von Organismen (Nützlinge, Nematoden, Viren, Pilze, Bakterien) bekämpft. Im Gewächshaus (z.B. für Tomaten, Gurken, Auberginen) funktioniert das in der Praxis gut, so dass der Einsatz von Insektiziden stark reduziert werden konnte. Ein sehr wichtiges biologisches Bekämpfungsmittel ist das *Cydia pomonella* Granulovirus (CpGV), das spezifisch gegen den Apfelwickler wirkt und seit Jahrzehnten erfolgreich im integrierten Apfelanbau eingesetzt wird. Erfolgreiche Beispiele für den Nützlingseinsatz im Acker- und Freilandgemüsebau sind *Trichogramma*-Schlupfwespen gegen Maiszünsler, *Bacillus thuringiensis* gegen Kartoffelkäfer und Pilze der Gattung *Beauveria* gegen Maikäfer (Häni *et al.* 2022).

Die **biotechnische Bekämpfung** erfolgt über Pheromone. Die Verwirrungstechnik mit Pheromonen hat in den Dauerkulturen im Obst- und Weinbau seit Jahrzehnten eine grosse Bedeutung. Im Acker- und Gemüsebau hingegen kommen Pheromone in Monitoringfallen zum Einsatz, um den Flugzeitpunkt und Befallsdruck zu überwachen (z.B. beim Erbsenwickler).

Die **physikalische Bekämpfung** hat insbesondere in der Unkrautbekämpfung eine wichtige Bedeutung (Häni *et al.* 2022). Neben den klassischen Geräten gibt es verschiedene neuere Entwicklungen, welche meist kameraunterstützt Unkräuter gezielt mechanisch, thermisch, elektrisch oder mittels Laser bekämpfen. Es gibt auch physikalische Methoden zur Bekämpfung von Krankheiten und Schädlingen. Krankheiten auf dem Saatgut können mit Dampf, Warmwasser (Bänziger *et al.* 2023) oder Strahlung (Fraunhofer *et al.* 2022) abgetötet werden. Mit Netzen können kleinere Kulturflächen vor einem Schädlingseinflug geschützt werden und es gibt Spezialgeräte, welche Kartoffelkäfer von den Kartoffelpflanzen einsammeln (Häni *et al.* 2022). Zudem können mit einer intensiven Bodenbearbeitung Bodenschädlinge dezimiert werden (Schwarz *et al.* 1990), was aber energieintensiv ist und negative Auswirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit hat (Berner *et al.* 2013).

Chemische Bekämpfung

Im chemischen Pflanzenschutz sollen primär selektiv wirkende PSM eingesetzt werden, welche Nützlinge schonen. Diese Anforderung wird im ÖLN soweit möglich umgesetzt. Das Pflanzenschutzmittelverzeichnis⁹ listet alle zugelassenen PSM mit deren Anwendungsbestimmungen und -einschränkungen. Die auf ein Jahr beschränkten Notfallzulassungen¹⁰ werden separat auf der Internetseite des BLV publiziert. Es gibt weitere Einschränkungen im ÖLN, in Direktzahlungsprogrammen oder in Labels wie IP-Suisse, Bio Suisse Knospe oder Demeter, welche die Betriebe beachten müssen. Teilweise stellen auch die Detailhändler zusätzliche Anforderungen (z.B. in Bezug auf Mehrfachrückstände). Aus Pflanzen (z.B. Pyrethrine) oder Bakterien (z.B. Spinosad) gewonnene PSM sind biologisch aktiv und zählen ebenfalls zu den chemischen PSM. Auch wenn diese Substanzen in der Öffentlichkeit aufgrund ihres natürlichen Ursprungs als weniger risikoreich wahrgenommen werden, gibt es dafür keine wissenschaftliche Grundlage (Ames & Gold 1990 und 1997). Solche PSM werden in dieser Publikation nicht als Alternativen zum chemischen Pflanzenschutz diskutiert.

Die Applikationstechnik für das Ausbringen von chemischen PSM hat sich seit Anfang dieses Jahrhunderts rasant verbessert (Wegener 2021). Mit Injektordüsen lassen sich die PSM-Emissionen über Abdrift in die Umwelt deutlich

⁹ <https://www.psm.admin.ch>

¹⁰ <https://www.blv.admin.ch> > Pflanzenschutzmittel > Notfallzulassungen

reduzieren (BLV 2024). Inzwischen gibt es auch erste Spritzroboter für Einzelpflanzenbehandlungen (Spotspraying), mit welchen die erforderliche PSM-Menge deutlich reduziert werden kann (Keller *et al.* 2023; Witsoe *et al.* 2024). Chemische PSM wirken in der Regel durchschlagender und schneller als andere Verfahren. Zudem ist ihr Einsatz mit geringem Arbeitsaufwand möglich und meistens preisgünstig (Häni *et al.* 2022). Allerdings können PSM durch ihre biologische Aktivität auch ein Risiko für die menschliche Gesundheit und die Umwelt darstellen. Sie sind deshalb in den letzten Jahrzehnten stark in die Kritik geraten (BR 2017).

2 Notwendigkeit für neue Pflanzenschutzstrategien

Seit Anfang dieses Jahrhunderts nimmt die Zahl zugelassener PSM-Wirkstoffe immer weiter ab (BR 2024). Mit der Einführung strengerer Zulassungskriterien in der EU und der Schweiz haben hunderte Wirkstoffe ihre Zulassung verloren (BLV 2025a). Entweder erfüllen sie die Zulassungsvoraussetzungen nicht mehr oder die PSM-Firmen beantragen aus Kostengründen keine Bewilligungserneuerung mehr. Zusätzlich wurden für zahlreiche Anwendungen Auflagen zur Risikominderung verfügt oder der Einsatz in gewissen Kulturen verboten (BLV 2025b). Im Vergleich zu den letzten Jahrzehnten wurden auch weniger Genehmigungsanträge für neue Wirkstoffe eingereicht. Dies ist in erster Linie auf die strengeren Zulassungskriterien und die höheren Anforderungen an die Zulassungsdossiers zurückzuführen. Andererseits sind Wirkstoffe mit neuen Wirkmechanismen rar. Es ist davon auszugehen, dass mit dieser Entwicklung in Zukunft nur noch wenige Wirkstoffe zur Verfügung stehen werden. Diese Herausforderung betrifft nicht nur die Schweiz, sondern auch die EU (Chapelle & Malet 2022). In der Schweiz wurde die Verwendung von Wirkstoffen im Rahmen der Parlamentarischen Initiative 19.475 «Das Risiko beim Einsatz von Pestiziden reduzieren» noch zusätzlich eingeschränkt.

Auf der anderen Seite bilden einige Schadorganismen aufgrund des Klimawandels und den damit verbundenen wärmeren Bedingungen zusätzliche Generationen pro Jahr (Schneider *et al.* 2023), bzw. wandern früher in die Bestände ein. Wärmeliebende Schadorganismen können sich etablieren und ausbreiten (Schneider *et al.* 2021). Die Reduktion der Anzahl an Wirkstoffen hat bereits dazu geführt, dass vermehrt Lücken im Pflanzenschutz entstanden sind (BR 2024), die sich in Zukunft noch vergrössern dürften. Die Qualitätsanforderungen des Handels und der Konsumentinnen und Konsumenten sind sehr hoch, insbesondere bei Produkten für den Frischkonsum¹¹. Bereits einzelne kleine Mängel bei Gemüse oder Kartoffeln können dazu führen, dass die Betriebe ganze Ernten verlieren. Die Rückzüge von PSM stellen eine grosse Herausforderung für die Erfüllung dieser Anforderungen dar. Die Landwirtschaft ist auf die Entwicklung neuer Pflanzenschutzstrategien angewiesen, um für die Bevölkerung weiterhin eine ausreichende Menge an qualitativ hochstehenden Lebensmitteln zu produzieren. Ziel ist nicht, ganz auf den chemischen Pflanzenschutz zu verzichten, sondern deren Einsatz weiter zu reduzieren. Das Ziel muss sein, die heutigen Erträge möglichst zu halten, damit erforderliche Ressourcen wie Flächen, Treibstoff, Wasser und Dünger optimal genutzt werden. Dazu müssen die alternativen Pflanzenschutzstrategien eine möglichst zuverlässige und gute Wirkung aufweisen.

3 Möglichkeiten und Grenzen alternativer Massnahmen

Im Kapitel «Der integrierte Pflanzenschutz» wurden die unterschiedlichen Elemente des Pflanzenschutzes beschrieben. Nun werden diese Elemente und deren spezifische Massnahmen genauer analysiert. Es werden die zurzeit bekannten agronomischen Möglichkeiten vorgestellt. Dies erfolgt in drei getrennten Kapiteln für Unkräuter, Krankheiten und Schädlinge. Es wird aufgezeigt, welche Massnahmen bekannt und praxisreif sind und bei welchen zusätzlicher Forschungsbedarf besteht. Dazu werden die Massnahmen aus heutiger Sicht nach den folgenden vier Kategorien bewertet. Diese Bewertung kann sich durch neue Entwicklungen in Zukunft ändern.

Praxisreif: Die Massnahme wirkt und ist für den Schritt in die Praxis bereit. Die Kosten und der Arbeitsaufwand liegen unter bestimmten Voraussetzungen in einem tragbaren Bereich. Für die breite Umsetzung in der Praxis müssen teilweise noch zusätzliche Erfahrungen gesammelt werden, um den Einbau der Massnahmen in das

¹¹ www.qualiservice.ch > Qualitätsnormen

Anbausystem auszutarieren. Dieser Schritt vom Forschungsversuch in die Praxis ist nicht zu unterschätzen und erfordert Zeit.

Praxisreif, wenig rentabel: Die Massnahme wirkt und ist technisch gesehen in der Praxis umsetzbar. Der Aufwand und die Kosten sind aber zurzeit deutlich zu hoch, so dass eine Umsetzung mit den heutigen Lebensmittelpreisen kaum rentabel ist.

Wenig Potenzial: Die Massnahme wirkt zu wenig zuverlässig und/oder ist in der Praxis kurz- bis mittelfristig kaum umsetzbar.

Zusätzlicher Forschungsbedarf: Es gibt Hinweise darauf, dass die Massnahme eine Wirkung zeigen kann. Es ist aber noch zu wenig bekannt, wie gut diese ist und wie die Massnahme in der Praxis umgesetzt werden soll. Wenn ein Forschungsprojekt besteht, werden Name und geplante Projektdauer angegeben. Es gibt weitere Forschungseinrichtungen neben Agroscope, welche Projekte dieser Art durchführen. Soweit bekannt, werden auch diese Projekte genannt, allerdings kann keine Vollständigkeit garantiert werden.

3.1 Unkrautregulierung

Die Kulturpflanzen stehen in Konkurrenz mit spontan auftretenden Unkräutern. Eine Verunkrautung kann sich schnell negativ auf den Ertrag auswirken. Mit verschiedenen vorbeugenden Massnahmen wird der Unkrautdruck möglichst tief gehalten (Wirth *et al.* 2024). Eine zentrale Massnahme ist eine ausgewogene Fruchtfolge mit Winter- und Sommerkulturen, Hack- und Dreschkulturen sowie, wenn möglich, mit einem hohem Anteil an Kunstwiese (Dierauer 2013). Besonders wichtig ist auch die Bodenbearbeitung zwischen den Kulturen (falsches Saatbett, Stoppelbearbeitung, Pflügen) in Kombination mit einer Anpassung des Aussaatzeitpunkts sowie einer Optimierung der Düngung (z.B. Reihendüngung) und der Aussaatdichte. Trotz präventiven Massnahmen ist eine Unkrautbekämpfung oft erforderlich (Häni *et al.* 2022). Als Alternative zur chemischen Bekämpfung kommen verschiedene Geräte vom herkömmlichen Striegel und Hackgerät über moderne Kamera- oder GPS-gesteuerte Hackgeräte hin zu autonomen Robotern zum Einsatz (Häni *et al.* 2022; AGRIDEA 2025a). Im Ackerbau sind die meisten Kulturen grundsätzlich konkurrenzstark gegenüber Unkräutern. Die Hackfrüchte sind im Jugendstadium aufgrund des grösseren Reihenabstandes empfindlicher. Mit Ausnahme von Zuckerrüben schliessen aber auch diese Kulturen im Verlaufe der Vegetationsperiode die Reihen und unterdrücken so Unkraut durch Beschattung, wodurch dessen Wachstum reduziert wird. Im Gemüsebau hingegen sind die meisten Kulturen konkurrenzschwach (SGP 1986). Eine vollständige Bodenbedeckung wird fast nie erreicht, entsprechend müssen gegen Unkräuter über die ganze Kulturdauer Massnahmen ergriffen werden. Das macht die Unkrautbekämpfung im Gemüsebau und in Zuckerrüben deutlich herausfordernder als in den restlichen Ackerkulturen.

Fruchtfolge

Eine ausgewogene Fruchtfolge und Abwechslung zwischen Winter- und Sommerkulturen sowie zwischen Hack- und Dreschkulturen erschwert es den Unkräutern, sich zu etablieren. Kunstwiese bedeckt den Boden über eine lange Zeitdauer und unterdrückt viele Unkräuter erfolgreich. Die Fruchtfolgen in der Schweiz sind in der Regel vielseitig und ausgewogen gestaltet. Kunstwiesen sind weit verbreitet (rund 30 % der Ackerflächen in der Schweiz sind Kunstwiesen). Die Kunstwiese fördert jedoch die Etablierung von Bodenschädlingen wie Drahtwürmer, Erdschnaken oder Engerlinge (Häni *et al.* 2022).

Praxisreif

Anbautechnik

Pflügen: Durch das Wenden des Bodens beim Pflügen werden Unkräuter und Unkrautsamen vergraben. Das Keimen von Samen mit kurzer Lebensdauer (z. B. Trespen) wird durch das Pflügen wirksam unterdrückt. Unkrautsamen mit langer Lebensdauer werden durch wiederholtes Pflügen jedoch wieder nach oben gefördert und zur Keimung angeregt. Wurzelunkräuter wie Disteln oder Winden werden durch das Pflügen ungenügend erfasst, weil die untergepflügten Pflanzen aus den Wurzeln wieder austreiben. Die Entscheidung für das Pflügen ist mit dem entsprechenden Zeit- und Kostenaufwand und dem erhöhten Risiko von Bodenerosion abzuwägen (DLG 2019).

Praxisreif

Stoppelbearbeitung: Mit einer Stoppelbearbeitung werden Unkrautsamen sowie Ausfallgetreide zur Keimung angeregt, welche in einem zweiten Bearbeitungsgang beseitigt werden. Überdauerungsorgane von

Wurzelunkräutern werden an die Bodenoberfläche befördert, wo sie bei heisser und trockener Witterung austrocknen und absterben (Dierauer & Grosse 2025). Zusätzliche Ziele der Stoppelbearbeitung sind das Einarbeiten von Stroh zur schnelleren Verrottung sowie die Bodenbearbeitung für die folgende Kultur (Anken *et al.* 1993).

Praxisreif

Falsches Saatbett: Unkräuter werden durch die Saatbettbereitung zum Keimen angeregt und anschliessend mechanisch bekämpft (Dierauer 2013). Damit nimmt die Konkurrenz in der Kulturphase ab. Dies bedeutet zusätzliche Arbeit und Zeit.

Praxisreif

Gute Saatbettbereitung und termingerechte Saat: Optimale Auflaufbedingungen helfen der Kultur, sich schnell zu entwickeln und die Unkrautentwicklung zu reduzieren. Eine spätere Aussaat von Getreide hat sich als sehr wirksam gezeigt, insbesondere gegen den Ackerfuchsschwanz (Wirth *et al.* 2024).

Praxisreif

Saatdichte und Düngung: Mit einer erhöhten Saatmenge kann die Konkurrenzfähigkeit der Kultur im Jugendstadium erhöht werden (schnellere Bodendeckung). Eine gezielte und auf die Bedürfnisse der Kultur angepasste Düngung erhöht deren Konkurrenzfähigkeit gegenüber Unkräutern. Eine Anpassung der Saatkultur erfordert oft auch eine Anpassung der Düngung. Wird der Dünger gezielt in die Pflanzreihen gegeben, steht er primär der Kulturpflanze zur Verfügung und weniger den Unkräutern im Zwischenreihenbereich.

Praxisreif

Untersaat: Eine Untersaat deckt den freien Boden zwischen den Reihen der Kultur und unterdrückt damit das Unkraut. Eine Untersaat hat weitere Vorteile wie Schutz vor Erosion, Nährstoffauswaschung und Austrocknung des Bodens sowie Stickstofffixierung (falls Leguminosen in der Untersaat sind) (AGRIDEA 2024a). Die Herausforderung liegt darin, das ideale Gleichgewicht zwischen Kultur und Untersaat zu finden, damit die Untersaat nicht mit der Kultur konkurriert, aber trotzdem den Boden gut bedeckt. Dieses Gleichgewicht wird stark von Standortfaktoren und Wetterbedingungen beeinflusst, weshalb eine optimale Anpassung des Anbaus entscheidend ist. Untersaaten können in den Reihenkulturen Raps, Mais und Sonnenblumen sowie in Winterweizen eingebaut werden (AGRIDEA 2018). Eine Untersaat kann wirtschaftlich sein (AGRIDEA 2018; Chamberlin 2024), bei Problemunkräutern und einer starken Verunkrautung sollte sie aber gemieden werden (Strickhof 2020; AGRIDEA 2023d; Marti *et al.* 2024). Im Gemüsebau ist es zudem äusserst anspruchsvoll, ein ausgewogenes Gleichgewicht zwischen der Untersaat und der Kultur zu finden (Säle *et al.* 2022).

Praxisreif

Folien- oder Mulchabdeckung: Durch eine Abdeckung des Bodens fehlt den Unkräutern das Licht zur Keimung. Als Mulchabdeckung kann eine abgefrorene Zwischenkultur dienen, in welche die Kultur direkt gepflanzt oder gesät wird. Hier hält sich der Aufwand in Grenzen. Eine Abdeckung mit Transfermulch hingegen ist zeit- und materialaufwändig und die Produktion von Transfermulch beansprucht zusätzliche Flächen. Folien kommen im Gemüsebau zum Einsatz. Es gibt neben den Polyethylen (PE)-Folien auch biologisch abbaubare Mulchfolien, welche später in den Boden eingearbeitet werden (Neuweiler *et al.* 2003; Säle *et al.* 2022). Sie sind aufgrund des zusätzlichen Materialeinsatzes und Fragen hinsichtlich ihrer Abbaubarkeit nicht unumstritten (Säle *et al.* 2022; BLE 2023).

Praxisreif

Konkurrenzstarke Kulturen und Sorten

Kulturen und Sorten, die schnell auflaufen und den Boden rasch decken, nehmen dem Unkraut das Licht und unterdrücken dessen Wachstum. Getreide und Raps sind grundsätzlich konkurrenzstarke Kulturen (Häni *et al.* 2022). Die Umstellung von Saat auf Pflanzung bei konkurrenzschwachen Kulturen mit langsamer Anfangsentwicklung wie Zuckerrüben, Zwiebeln und Nüsslisalat bringt in dieser Hinsicht Vorteile, indem die Kulturpflanze gegenüber den Samenunkräutern einen Entwicklungsvorsprung hat. In gepflanzten Reihen mit minimalen Einzelpflanzenabständen zwischen 15 bis 20 cm (Bsp. Zwiebeln) ist zudem eine kameragesteuerte mechanische Unkrautregulierung in der Pflanzreihe möglich (siehe unten). Bei Zuckerrüben ist bereits einige Tage nach der Pflanzung der Einsatz eines Striegels möglich (Charles *et al.* 2025). Auf Sortenebene sind die Unterschiede hinsichtlich Konkurrenzkraft weniger ausgeprägt. Im Mais werden die Unterschiede in der Jugendentwicklung in der Sortenliste ausgewiesen. In anderen Kulturen fehlen solche Informationen oft.

Praxisreif

Mechanische Unkrautbekämpfung

Klassische mechanische Unkrautbekämpfung: Entscheidend bei der mechanischen Unkrautbekämpfung ist eine frühzeitige Bekämpfung im Keimblattstadium. Witterungs- und bodenbedingt ist der optimale Einsatzzeitraum begrenzt. Nur unter günstigen Bedingungen wird ein mit der chemischen Bekämpfung vergleichbarer Erfolg erreicht. Jeder mechanische Eingriff in den Boden fördert den Humusabbau und die Erosion. Hinzu kommen zusätzlicher Arbeitszeitbedarf und Treibstoffverbrauch (DLG 2019; AGRIDEA 2024b). Bei Parzellen mit Problemunkräutern (z.B. Winden, Disteln, Blacken, Quecken) und starkem Unkrautdruck stösst die mechanische Bekämpfung in der Kultur an ihre Grenzen (AGRIDEA 2023c; Keiser *et al.* 2016; Häni *et al.* 2022). Hacken kann sich positiv auf die Bodenstruktur und das Wachstum der Wurzeln auswirken (AGRIDEA 2024c). Die teilweise leichten Mindererträge und der zusätzliche Arbeitsaufwand können in konkurrenzstarken Ackerkulturen wie Weizen, Raps und Kartoffeln auf geeigneten Parzellen durch zusätzliche Direktzahlungen und Prämien des Marktes (falls vorhanden) kompensiert oder sogar übertroffen werden (Bertschi 2020; Rüesch 2021; Chamberlin 2024). In konkurrenzschwachen Kulturen wie Zuckerrüben und Gemüse stösst die rein mechanische Unkrautbekämpfung an ihre Grenzen. Für Zuckerrüben ist das Hacken zwischen den Reihen ergänzt mit einer chemischen Behandlung in den Reihen (Bandbehandlung) praxisreif (siehe «Kombiniertes Verfahren» weiter unten). In Gemüsekulturen mit engen Reihenabständen wie Nüssli Salat und Spinat ist eine mechanische Unkrautbekämpfung zwischen den Reihen nur bedingt möglich und in den Reihen muss die Unkrautbekämpfung von Hand erfolgen, was mit einem sehr hohen Arbeitsaufwand verbunden ist. Zudem toleriert der Handel im Erntegut von solchen Blattgemüsen praktisch keinen Unkrautbesatz (Schwarz *et al.* 1990). Das Aussortieren von Unkräutern im Erntegut von Hand erfordert insbesondere nach maschineller Ernte einen hohen Arbeitsaufwand.

Praxisreif

Thermische Unkrautbekämpfung: Unkräuter können durch Abflammen, Heisswasser, Infrarotstrahlung oder Dampf bekämpft werden. Ausdauernde Unkräuter werden damit ungenügend erfasst, weil nur die oberirdischen Pflanzenteile zerstört werden. Diese Verfahren sind energieintensiv (Häni *et al.* 2022; DLG 2019; Vogel *et al.* 2024). Solche Geräte kommen heute hauptsächlich auf Bio-Gemüsebetrieben zum Einsatz (Gelencsér & Dierauer 2021).

Praxisreif

Elektrische Unkrautbekämpfung: Die elektrische Spannung, die durch Pflanzen und Boden fliesst, schädigt die Zellen der Pflanzen. Dadurch trocknen sie aus. Die Technik ist energie- und zeitintensiv. Der Umgang mit Hochspannungsstrom birgt zudem gewisse Risiken, entsprechende Vorsichtsmassnahmen müssen ergriffen werden. Elektrische Verfahren zur Vernichtung von Unkräutern haben zurzeit eine schlechte Flächenleistung und hohe Kosten (BR 2020). Für die Krautvernichtung in Kartoffeln hat das Verfahren zwar gewirkt, aber die getestete Maschine hat sich aufgrund der Grösse und des Gewichts als nicht praxistauglich für die Schweiz erwiesen (Vogel *et al.* 2024).

wenig Potenzial

Kombiniertes Verfahren: Hier handelt es sich um die Kombination der mechanischen und chemischen Bekämpfung. Zwischen den Reihen wird gehackt, in der Reihe erfolgt eine chemische Bandbehandlung. Damit kann die Herbizidmenge um bis zu 67 % reduziert werden (Keiser *et al.* 2016). Dies ist eine Massnahme für konkurrenzschwache Reihenkulturen wie Zuckerrüben.

Praxisreif

Hackroboter: Mit modernen Kamera- und GPS-gesteuerten Geräten oder autonomen Robotern kann nahe an die Pflanzen gehackt werden. Die hohen Anschaffungskosten werden seit 2025 vom Bund und den Kantonen teilweise mitgetragen. Die hohen Investitionskosten und begrenzten Flächenleistungen beschränken den Einsatz von Hackroboter bisher hauptsächlich auf den Gemüsebau (DLG 2019). Ein Einsatz ist nur in Reihenkulturen mit nicht zu engen Einzelpflanzenabständen möglich. Eine Restverunkrautung in unmittelbarer Nähe der Kulturpflanzen muss von Hand entfernt werden.

Praxisreif; die Geräte sind jedoch teuer und heute für viele Betriebe kaum rentabel.

Systeme mit Einzelpflanzenerkennung: Inzwischen sind verschiedene Systeme auf dem Markt, die einzelne Unkräuter erkennen und gezielt behandeln können. Erste Maschinen, welche Unkräuter gezielt mit PSM behandeln, wurden bereits verkauft (z.B. von Ecorobotix). Es gibt bisher vorwiegend traktorgezogene Geräte, welche in der Praxis eingesetzt werden. Ein relevantes Einsparpotenzial wird nur erreicht, wenn die Verunkrautung gering ist.

Daher sind in der Regel zuerst Flächenbehandlungen erforderlich, so dass nur noch einzelne Unkräuter behandelt werden müssen (z.B. Nester von Disteln oder Ackerwinden oder Blacken auf Wiesen). Die bisherigen Erfahrungen haben gezeigt, dass diese Geräte in der Praxis teilweise noch an ihre Grenzen stossen, eine gezielte Behandlung von Problemunkräutern funktioniert jedoch (Versuchsstation Gemüsebau 2025). Das Potenzial solcher Geräte liegt vor allem auch bei der präzisen Behandlung junger Kulturpflanzen mit Insektiziden und Fungiziden, da diese gezielt und in geringen Mengen appliziert werden können. Seit 2025 beteiligen sich der Bund und die Kantone an den Anschaffungskosten. Ebenfalls getestet werden Geräte, die mit einem Laser zur präzisen Unkrautbekämpfung ausgerüstet sind (z.B. von Cattera), allerdings ist die Arbeitsgeschwindigkeit noch sehr langsam (Versuchsstation Gemüsebau 2025).

Praxisreif, wenig rentabel; die Geräte sind teuer, die meisten haben eine geringe Flächenleistung und sind daher für die meisten Betriebe zurzeit noch kaum eine Option.

Tabelle 1 Zusammenfassung der präventiven und nicht-chemischen Pflanzenschutzmassnahmen gegen Unkräuter

präventive Massnahmen	Fruchtfolge	Praxisreif Eine ausgewogene Fruchtfolge und Abwechslung zwischen Winter- und Sommerkulturen sowie zwischen Hack- und Dreschkulturen unterdrücken Unkräuter. Kunstwiese deckt den Boden über eine lange Zeitdauer und unterdrückt viele Unkräuter, fördert aber auch Schadorganismen, wie z.B. Drahtwürmer.
	Pflügen	Praxisreif Durch das Wenden des Bodens beim Pflügen werden Unkräuter und Unkrautsamen vergraben. Unkrautsamen mit kurzer Lebensdauer werden unterdrückt, Unkrautsamen mit langer Lebensdauer hingegen werden durch wiederholtes Pflügen wieder nach oben gefördert und in Keimstimmung gebracht.
	Stoppelbearbeitung	Praxisreif Mit einer Stoppelbearbeitung werden Samen- und Wurzelunkräuter bekämpft. Unkrautsamen sowie Ausfallgetreide werden zur Keimung angeregt, die Keimlinge können bei einem zweiten Bearbeitungsgang eliminiert werden. Wurzelorgane sterben bei guter Witterung an der Bodenoberfläche ab.
	Falsches Saatbett	Praxisreif Unkräuter werden durch die Saatbettbereitung zum Keimen angeregt und anschliessend mechanisch bekämpft.
	Gute Saatbettbereitung und termingerechte Saat	Praxisreif Optimale Auflaufbedingungen helfen der Kultur, sich schnell zu entwickeln und so die Unkrautentwicklung zu reduzieren.
	Saatdichte und Düngung	Praxisreif Mit einer erhöhten Saatmenge kann die Konkurrenzkraft der Kultur im Jugendstadium erhöht werden (schnellere Bodendeckung). Eine gezielte und auf die Bedürfnisse der Kultur angepasste Düngung erhöht deren Konkurrenzkraft gegenüber Unkräutern.
	Untersaat	Praxisreif Eine Untersaat deckt rasch den freien Boden zwischen den Reihen der Kultur und unterdrückt damit das Unkraut. Eine Umsetzung ist in Raps, Mais, Sonnenblumen und Getreide möglich.
	Folien- oder Mulchabdeckung	Praxisreif Durch eine Abdeckung des Bodens fehlt den Unkräutern das Licht zur Keimung. Mulchfolien werden im Gemüsebau eingesetzt, sind aber wegen des Materialverbrauchs und des Folienabbaus nicht unumstritten.
	Konkurrenzstarke Kulturen und Sorten	Praxisreif Kulturen, die schnell auflaufen und den Boden rasch decken, nehmen dem Unkraut das Licht und unterdrücken dessen Wachstum. In Zuckerrüben und einzelnen Gemüsekulturen kann in diesem Zusammenhang eine Umstellung von Saat auf Pflanzung vorteilhaft sein. Zwischen den Sorten gibt es nur wenige Unterschiede.
nicht-chemische Bekämpfung	Klassische mechanische Unkrautbekämpfung	Praxisreif Bei optimalen Bedingungen ist die Wirkung einer mechanischen Unkrautbekämpfung ähnlich wirksam wie die chemische Bekämpfung. Nicht empfohlen in Parzellen mit Problemunkräutern und Böden mit einem grossen Unkrautsamenvorrat.
	Thermische Unkrautbekämpfung	Praxisreif Unkräuter können thermisch durch Abflammen, Heisswasser oder Dampf bekämpft werden. Einsatz hauptsächlich auf Bio-Gemüsebetrieben. Geringe Flächenleistung, hoher Energieverbrauch und beschränkte Wirkung gegen ausdauernde Unkräuter.
	Elektrische Unkrautbekämpfung	Wenig Potenzial Die elektrische Spannung, die durch Pflanzen und Boden fliesst, schädigt die Zellen der Pflanzen, die danach austrocknen. Die Technik ist energie- und zeitintensiv und birgt durch die erforderliche Hochspannung gewisse Risiken bei der Anwendung. Schlechte Flächenleistung und hohe Kosten.
	Kombiniertes Verfahren	Praxisreif Kombination der mechanischen und chemischen Bekämpfung: zwischen den Reihen wird gehackt, in der Reihe erfolgt eine chemische Bandbehandlung. Eine Reduktion der Herbizidmenge bis zu 67 % ist möglich. Diese Technik ist in konkurrenzschwachen Reihenkulturen wie der Zuckerrübe interessant.

nicht-chemische Bekämpfung	Hackroboter	Praxisreif Mit modernen Kamera- und GPS-gesteuerten Geräten oder Robotern kann nahe an die Pflanzen gehackt werden. Ein Einsatz ist nur in Reihenkulturen mit nicht zu engen Einzelpflanzenabständen möglich. Eine Restverunkrautung in unmittelbarer Nähe der Kulturpflanzen muss von Hand entfernt werden.
	Systeme mit Einzelpflanzenerkennung	Praxisreif, wenig rentabel Kameras erkennen die einzelnen Unkräuter und behandeln diese gezielt (mit PSM oder thermisch). In der Regel sind vorher Flächenbehandlungen erforderlich, um den Unkrautdruck zu reduzieren. Die Flächenleistung ist gering, ausser es wird nur gegen spezifische Unkräuter behandelt (z.B. Nester von Disteln oder Ackerwinden oder Blacken auf Wiesen). Das Potenzial solcher Geräte liegt vor allem bei der präzisen Behandlung von Kulturpflanzen mit Insektiziden und Fungiziden.

3.2 Krankheitsregulierung

Krankheiten werden durch Pilze, Oomyzeten, Bakterien, Viren und Phytoplasmen verursacht (Bovey *et al.* 1979). Pilze und Oomyzeten benötigen meistens Feuchtigkeit, um die Pflanzen zu infizieren. Daher sind alle Massnahmen befallsminierend, welche das Abtrocknen der Pflanze fördern und die Luftfeuchtigkeit in deren Umgebung reduzieren (Bovey *et al.* 1979). In geschützten Anbausystemen (Gewächshaus) sind die Steuerungsmöglichkeiten wesentlich grösser als im Freiland. Präventive Massnahmen wie der Einsatz von gesundem Saatgut und robusten Sorten, eine ausgewogene Fruchtfolge sowie eine kulturangepasste Düngung, Anbautechnik (z.B. Saattiefe) und Bewässerung sind wichtig, um die Kulturpflanzen vor Krankheiten zu schützen. Viren und Phytoplasmen werden hauptsächlich durch Insekten (z.B. Zikaden, Zwergzikaden und Blattläuse) übertragen. Eine Behandlung dieser Krankheiten ist nicht möglich, es können nur die Überträger bekämpft werden (Bovey *et al.* 1979). Die entsprechenden alternativen Gegenmassnahmen werden deshalb im Kapitel "Schädlingsregulierung" behandelt.

Fruchtfolge

Gegen bodenbürtige Fruchtfolgekrankheiten ist eine vielseitige und ausgewogene Fruchtfolge die effektivste Massnahme (Häni *et al.* 2022; Schwarz *et al.* 1990). Im Ackerbau sind die klassischen Fruchtfolgekrankheiten grundsätzlich unter Kontrolle. Im Gemüsebau ist dies teilweise eine grössere Herausforderung, da die meisten Gemüsekulturgruppen eine weitgestellte Fruchtfolge mit mehreren Jahren Anbaupause verlangen (Schwarz *et al.* 1990) und gewisse Pflanzenfamilien (z.B. Kreuzblütler) stark vertreten sind. In klassischen Gemüseanbaugebieten kann sich bei luftübertragenen Krankheiten (z.B. falscher Mehltau) ein grosser Druck aufbauen, so dass Neupflanzungen bereits sehr früh befallen werden. Ein klassisches Problem ist der Anbau von Winter- und Sommerzwiebeln in unmittelbarer Nähe (Koller *et al.* 2007). Eine regionale Fruchtfolge könnte einige dieser Probleme entschärfen, ist jedoch eine Herausforderung, da sie eine Koordination zwischen den Betrieben erfordert.

Praxisreif

Robuste Sorten

Der Anbau von robusten Sorten, sofern vorhanden, ist eine effektive und ökonomische Massnahme gegen Krankheitsbefall (Bovey *et al.* 1979). In Weizen und weiteren Getreidearten ist die Einführung neuer robuster Sorten schon seit langem ein wichtiges Zuchtziel. Robuste Sorten sind folglich vorhanden und werden vom Markt nachgefragt. Auch in Mais, Raps, Sonnenblumen und Soja sind robuste Sorten, die einen Verzicht auf Fungizide erlauben, vorhanden. Zuckerrübensorten haben seit längerem eine Resistenz gegen die *Rizomania*-Viruserkrankung, welche früher grosse Verluste verursacht hat. Seit 2022 gibt es auch *Cercospora*-robuste Sorten in der Schweiz (Peter 2023). Neue *Phytophthora*¹²-robuste Kartoffeln wurden in den letzten Jahren in die Sortenliste aufgenommen (Schwärzel *et al.* 2024). Auch bei Gemüse gibt es verschiedene robuste Sorten. Da in der Schweiz aufgrund des schnellen Sortenwechsels und der vielen Gemüsekulturen keine Sortenprüfung durchgeführt wird, lässt sich nur schwer abschätzen, wie robust die einzelnen Gemüsesorten sind. In der Sortenprüfung im Ackerbau werden laufend vielversprechende Sorten geprüft. Zudem werden vom BLW seit 2020 Projekte in der Pflanzenzüchtung und Sortenprüfung unterstützt. Die Projekte sind auf der Internetseite «Strategie Pflanzenzüchtung 2050¹³» des BLW gelistet. Krankheitserreger können die Resistenzen durchbrechen und es kommen neue Herausforderungen auf die Landwirtschaft zu (z.B. Klimawandel, Stickstoff-Effizienz). Die Züchtung und Sortenprüfung neuer Sorten ist daher ein laufender Prozess.

Praxisreif; je nach Kultur und Krankheit unterschiedlich und die Sortenwahl hängt stark vom Markt ab.

¹² *Phytophthora infestans* ist der Erreger der Kraut- und Knollenfäule, der wichtigsten Krankheit in Kartoffeln.

¹³ <https://www.blw.admin.ch/de/strategie-pflanzenzuechtung>

Anbautechnik

Feldhygiene: Die Zerkleinerung und schnelle Einarbeitung von Ernterückständen ist eine wichtige Massnahme, um die Verbreitung von Krankheiten wie z.B. Fusarien und Mutterkorn zu reduzieren (AGRIDEA 2021; swiss granum 2022). Unkräuter, welche als Zwischenwirt für Krankheiten fungieren, sollten entfernt werden, auch im Feldrandstreifen (Bovey *et al.* 1979). Die Bekämpfung von Ungräsern im Getreidebestand sowie eine vermehrte Feldrandhygiene sind wichtige Massnahmen gegen Mutterkorn (swiss granum 2022).

Praxisreif

Sortenmischungen in Getreide: Getreide-Sortenmischungen können robuster sein als die im Reinbestand angebauten Sorten und führen zu Ertragsstabilität und -steigerung (Wuest *et al.* 2021; Stefan *et al.* 2025). Die Verarbeiter bevorzugen allerdings im Reinbestand angebaute Sorten, da diese für die industrielle Produktion einfacher zu handhaben sind.

Praxisreif

Misch- oder Streifenanbau: Zwei unterschiedliche Kulturen können entweder als Mischung oder in Streifen angebaut werden. Agronomisch bringt der Anbau gewisser Kulturen als Mischung klare Vorteile. So dienen z.B. Hafer, Lein oder Leindotter in Mischkulturen als Stütze von Eiweisskulturen, wodurch diese bei Starkniederschlägen weniger zusammenfallen und einfacher zu ernten sind (Blatter *et al.* 2022; Dierauer *et al.* 2017). Beim Anbau in Streifen können Herausforderungen bei der Auftrennung der Erntegüter umgangen werden, jedoch entstehen neue technische Herausforderungen (z.B. Pflügen in schmalen Streifen, Unkräuter zwischen den Streifen) und die agronomischen Vorteile gehen weitgehend verloren. Ob und wie stark der Krankheits- und Schädlingsbefall mit einer Mischkultur oder im Streifenanbau reduziert werden kann, wird derzeit erforscht.

Zusätzlicher Forschungsbedarf; *Das FiBL führt mit Beteiligung von Agroscope ein Projekt «Streifenanbau – Neue Wege zur Schädlings- und Krankheitsregulierung im Biolandbau» (2022-2026) durch. Weiter gibt es das Ressourcenprojekt «Staffelkulturen» (2024-2029) und das EU-Projekt LEGENDARY (2024-2028).*

Anbau auf Dämmen (Gemüsebau): Dämme fördern ein rasches Abtrocknen der obersten Bodenschicht. Dies ist vorteilhaft gegen bodenbürtige Krankheiten und Fäulen (z.B. *Pythium* spp.). Für verschiedene Gemüsekulturen wie Salate kann der Dammanbau das Befallsrisiko reduzieren (Sauer *et al.* 2020).

Praxisreif

Kalkdüngung: Gewisse Krankheiten können durch eine Erhöhung des pH-Werts des Bodens unterdrückt werden. Beispiele sind die Kohlhernie (Schwarz *et al.* 1990; Neuweiler *et al.* 2009; Neuweiler & Jossi 2013) und die Mehlkrankheit der Zwiebel (Koller *et al.* 2007).

Praxisreif

Tröpfchenbewässerung: Durch eine Tröpfchenbewässerung werden die Pflanzen mit Wasser versorgt, ohne dass deren Blätter feucht werden. Dadurch wird das Risiko für Infektionen reduziert (Ballmer *et al.* 2012). Durch die gezielte Bewässerung kann zudem Wasser gespart werden (Wuyts *et al.* 2023). In Dauerkulturen ist der Einsatz der Tröpfchenbewässerung bereits relativ verbreitet. In einjährigen Kulturen müssen die Bewässerungsschläuche für jede Kultur neu ausgelegt werden. Die hohen Investitionskosten und die Entsorgung der Tropfschläuche sind ein Nachteil (Ballmer *et al.* 2012).

Praxisreif

Nicht-chemische Bekämpfung

Physikalische Saatgutbehandlung: Saatgut kann mit Dampf, Warmwasser oder Elektronenbestrahlung behandelt werden, bzw. es kann auf eine Behandlung verzichtet werden, wenn das Saatgut nachweislich gesund ist (Bänziger *et al.* 2023). Diese Behandlungen schützen im Gegensatz zur chemischen Beizung nicht vor Krankheiten, die bereits im Boden sind. Eine Dampfbehandlung wirkt nur gegen Krankheiten, die sich auf der Samenoberfläche befinden (z.B. Schneeschimmel und Stinkbrand). Fenaco hat 2021 eine Dampfanlage in Betrieb genommen und bietet entsprechendes Getreidesaatgut unter dem Namen «Thermosem» an. Auch die Sativa Rheinau AG besitzt eine Heissdampfanlage und verkauft entsprechend behandeltes Gemüsesaatgut von Karotten, Feldsalat, Sellerie und Gänsefussgewächsen. Eine Warmwasserbehandlung wirkt dagegen auch gegen Krankheiten im Innern der Samen (z.B. Flugbrand). Diese Behandlung ist jedoch energieintensiv (Rücktrocknung) und daher für grosse Mengen logistisch schwer umsetzbar und aktuell nicht wirtschaftlich (Bänziger *et al.* 2023). Die Elektronenbestrahlung wird

derzeit im Ressourcenprojekt Rés0sem getestet und die Saatzucht Genossenschaft Düdingen hat im Herbst 2025 entschieden, ein solches Gerät anzuschaffen (Schweizer Bauer 2025).

Praxisreif; die Umsetzung verschiedener alternativer Saatgutbehandlungen wird im Ressourcenprojekt Rés0sem (2021-2026) untersucht.

Kaltlagerung Kartoffeln¹⁴: Durch eine tiefere Lagertemperatur bei 4°C oder 6°C kann die Keimung der Knollen verzögert werden. Gewisse Sorten reagieren auf tiefe Lagertemperaturen jedoch mit einer erhöhten Bildung von reduzierten Zuckern. Dies ist problematisch für Sorten, die für die Herstellung von Pommes frites und Chips bestimmt sind, da reduzierende Zucker beim Frittieren zu einer Bräunung der Kartoffeln führen und die Bildung von Acrylamid begünstigen (Visse-Mansiaux *et al.* 2020). Die Umwandlung von Stärke in reduzierende Zucker kann mit einer Rekonditionierung teilweise rückgängig gemacht werden, indem die Knollen vor dem Frittieren bei einer höheren Temperatur (12 °C) gelagert werden. In den Sortenversuchen werden die Frites- und Chips-Sorten seit einigen Jahren auf ihre Eignung für die Kaltlagerung und die Rekonditionierung geprüft (De Vrieze *et al.* 2025).

Praxisreif

Ultraviolett-C-Strahlungen: UV-C-Strahlungen haben eine desinfizierende Wirkung und können den Abwehrmechanismus der Pflanze anregen. Es gibt bereits UV-C-Strahlen emittierende Roboter auf dem Markt, die Wirkung muss aber noch genauer untersucht werden. Unter der Leitung der ZHAW, wurde ein Projekt zur UV-C-Behandlung von Erdbeerjungpflanzen gegen Graufäule durchgeführt. Agroscope testet einen UV-C-Roboter zur Behandlung von Erdbeeren im Gewächshaus und Folientunnel (im Projekt SmartBerry). Es wurden auch Praxisversuche in weiteren Kulturen wie Weinbau durchgeführt (UFA-Revue 2022). Derzeit werden hauptsächlich Anwendungen im Gewächshaus untersucht. Eine Anwendung im Acker- und Gemüsebau ist derzeit nicht im Fokus.

Wenig Potenzial für den Acker- und Gemüsebau, in Erdbeeren wird die Technik weiter untersucht: SmartBerry (2026-2029).

Biologische Behandlung: Verschiedene Produkte mit Pilzen oder Bakterien sind gegen Krankheiten zugelassen. Beispiele sind *Bacillus amyloliquefaciens* gegen Graufäule und Sclerotinia-Fäule bei Salaten und weiteren Gemüsekulturen sowie *Coniothyrium minitans* gegen Sclerotinia-Fäule bei Acker- und Gemüsekulturen. Grundsätzlich ist die Wirkung weniger zuverlässig und stärker von der Witterung abhängig als bei chemischen Produkten. Insofern sind einige Anwendungen nur im Gewächshaus oder mit einer Teilwirkung zugelassen. Agroscope sucht in verschiedenen Projekten nach weiteren biologischen Behandlungen. Die Entwicklung bis zur Zulassungsreife von biologischen PSM ist zeit- und kostenintensiv.

Praxisreif; einige PSM-Produkte mit Organismen sind zugelassen. In verschiedenen Projekten werden weitere Organismen für einen potenziellen Einsatz im Pflanzenschutz gesucht: BioYeast (2026-2029), ProMet (2026-2029), MILDIPOS (2026-2029), Sagropia (2024-2028).

¹⁴ Das Keimen von Kartoffelknollen ist keine Krankheit. Da aber PSM zur Keimhemmung eingesetzt werden, wird die Massnahme hier beschrieben.

Tabelle 2 Zusammenfassung der präventiven und nicht-chemischen Pflanzenschutzmassnahmen gegen Krankheiten

präventive Massnahmen	Fruchtfolge	Praxisreif Mit einer ausgewogenen Fruchtfolge können viele bodenbürtige Krankheiten in Schach gehalten werden. Mit einer regionalen Fruchtfolge kann zudem der Druck von durch die Luft übertragenen Krankheiten reduziert werden.
	Robuste Sorten	Praxisreif Der Anbau robuster Sorten ist eine effektive und ökonomische Massnahme gegen Krankheitsbefall. Die Verfügbarkeit robuster Sorten ist je nach Kultur unterschiedlich und die Sortenwahl hängt auch stark vom Markt ab.
	Feldhygiene	Praxisreif Krankheitsübertragende Unkräuter werden entfernt, Erntereste sauber in den Boden eingearbeitet. Dies verhindert die Übertragung auf die Kultur.
	Sortenmischungen in Getreide	Praxisreif Getreide-Sortenmischungen können robuster sein als Einzelsorten. Von den Verarbeitern werden jedoch reine Sorten bevorzugt.
	Misch- oder Streifenanbau	Zusätzlicher Forschungsbedarf Zwei unterschiedliche Kulturen können entweder als Mischung oder in Streifen angebaut werden. Agronomisch bringt insbesondere der Mischanbau Vorteile (z.B. Erhöhung der Standfestigkeit), der Nutzen hinsichtlich der Vorbeugung von Krankheiten und Schädlingen wird weiter untersucht > Streifenanbau – Neue Wege zur Schädlings- und Krankheitsregulierung im Biolandbau (2022-2026), Ressourcenprojekt Staffelnkulturen (2024-2029), EU-Projekt LEGENDARY (2024-2028).
	Anbau auf Dämmen (Gemüsebau)	Praxisreif Dämme fördern ein rasches Abtrocknen der obersten Bodenschicht und der Kulturpflanze. Dies ist vorteilhaft gegen bodenbürtige Wurzelkrankheiten, Fäulnis und nässeliebende Erreger von Blattkrankheiten.
	Kalkdüngung	Praxisreif Gewisse Krankheiten können durch eine Erhöhung des pH-Werts des Bodens unterdrückt werden.
	Tröpfchenbewässerung	Praxisreif In Dauerkulturen ist der Einsatz der Tröpfchenbewässerung relativ verbreitet, für einjährige Kulturen ist der Aufwand jedoch hoch.
nicht-chemische Bekämpfung	Physikalische Saatgutbehandlung	Praxisreif Saatgut kann physikalisch mit Dampf, Warmwasser oder Elektronenbestrahlung behandelt werden. Die Behandlung wirkt nicht gegen Krankheiten, die schon im Boden sind.
	Kaltlagerung Kartoffeln	Praxisreif Durch eine tiefere Lagertemperatur bei 4°C oder 6°C kann die Keimung der Knollen verzögert werden. Die Umwandlung von Stärke in reduzierende Zucker kann mit einer Rekonditionierung teilweise rückgängig gemacht werden. In den Sortenversuchen werden die Frites- und Chips-Sorten seit einigen Jahren auf ihre Eignung für die Kaltlagerung und die Rekonditionierung geprüft.
	Ultraviolett-C-Strahlungen	Wenig Potenzial UV-C-Strahlungen haben eine desinfizierende Wirkung. Die Technik wird in Erdbeeren weiter untersucht > SmartBerry (2026-2029). Eine Anwendung im Acker- oder Freilandgemüsebau ist derzeit jedoch nicht vorgesehen.
	Biologische Behandlung	Praxisreif Verschiedene Produkte mit Pilzen oder Bakterien sind gegen spezifische Krankheiten zugelassen und zeigen vor allem im Gewächshaus Wirkung. Es wird nach weiteren potenziellen Mikroorganismen gesucht. > BioYeast (2026-2029), ProMet (2026-2029)

3.3 Schädlingsregulierung

Pflanzen können durch Schädlinge verschiedener Tiergruppen beeinträchtigt werden: Insekten, Nematoden, Milben, Schnecken, Vögel und Mäuse. Die meisten Schädlinge gehören zur Gruppe der Insekten (Bovey *et al.* 1979). Deren Entwicklung und Verbreitung hängt von verschiedenen Umweltfaktoren wie der Temperatur, der Feuchtigkeit und der Umgebung ab. Daher kann das Auftreten regional und von Jahr zu Jahr sehr unterschiedlich sein (Bovey *et al.* 1979). Schädlingsprognosen, Beobachtungen der Parzellen und die Anwendung von Schadschwellen sind zentrale Elemente in der Schädlingsregulierung.

In Mais und Soja werden in der Schweiz praktisch keine chemischen Insektizide eingesetzt. Es ist eine Sonderbewilligung durch die Kantone erforderlich, welche jeweils für wenige hundert Hektaren Mais vergeben wird (Agrarbericht 2024). Die Beteiligung an den Direktzahlungsprogrammen für einen Verzicht auf Insektizide und Fungizide liegt bei 65 %¹⁵ für Getreide, 86 % für Sonnenblumen und 80 % für Ackerbohnen und Eiweisserbsen (Daten BLW 2024). Grundsätzlich ist bei einem Verzicht mit einem leichten Minderertrag zu rechnen (Mack *et al.* 2023; swiss granum 2024), welcher aber in diesen Kulturen durch die zusätzlichen Direktzahlungen und Label-Prämien in der Regel kompensiert oder sogar übertroffen werden kann (Zorn *et al.* 2023). In diesen Kulturen wird

¹⁵ Auch Bio-Betriebe können sich für diese Programme anmelden und sind in den Zahlen mitberücksichtigt.

nicht näher auf die alternativen Massnahmen eingegangen. Die Schädlinge verursachen in der Regel dank der Umsetzung des integrierten Pflanzenschutzes keine grösseren Verluste. In den anderen Kulturen stellen Schädlinge eine deutlich grössere Herausforderung dar. Die Beteiligung an den Programmen zum Verzicht auf Insektizide¹⁶ ist trotz höheren Beiträgen in folgenden Kulturen deutlich geringer: 23 % bei Raps, 47 % bei Zuckerrüben, 16 % bei Kartoffeln, 23 % bei einjährigem Freilandgemüse und 24 % bei Freiland-Konservengemüse. Insektizide werden heute insbesondere in diesen Kulturen eingesetzt. Für diese Kulturen werden die alternativen Massnahmen zu chemischen Insektiziden im Folgenden analysiert.

3.3.1 Raps

Schädlinge sind die grosse Herausforderung beim Rapsanbau (Marti *et al.* 2024). Viele Insekten können die Rapskultur schädigen, die drei Hauptschädlinge sind Rapserrdflohe (*Psylliodes chrysocephala*), Rapsstängelrüssler (*Ceutorhynchus napi*) und Rapsglanzkäfer (*Brassicoglyphus aeneus*) (Breitenmoser *et al.* 2022).

Fruchtfolge

Die Rapsschädlinge sind mobil und befallen verschiedene Kreuzblütler (Häni *et al.* 2022). Daher ist selbst eine regionale Fruchtfolge kaum zielführend umzusetzen.

wenig Potenzial

Robuste Sorten

Es wurden leichte Unterschiede in der Attraktivität der Rapsorten für gewisse Schädlinge beobachtet. Doch die Rangliste ändert sich je nach Schädling. Starkwüchsige Sorten, insb. Hybridsorten, können Schäden durch Rapserrdflohe besser kompensieren (Baux *et al.* 2024). Im Projekt CAPRI (2025-2029) wird die Toleranz der Sorten gegenüber Schädlingen weiter untersucht. Auch weitere Massnahmen wie Untersaaten und Düngung sind Teil des Projekts.

Zusätzlicher Forschungsbedarf: CAPRI (2025-2029)

Anbautechnik

Aussaat: Gute Keimbedingungen helfen dem Raps, sich schnell zu entwickeln und robuster gegen Rapserrdflohschäden zu werden. Dies wird mit einem feinen Saatbett und genügend Feuchtigkeit erreicht. Mit einer frühen Aussaat (Mitte August) sind zudem die Pflanzen beim Einflug des Rapserrdflohs bereits grösser und können Schäden besser kompensieren (Häni *et al.* 2022). Dadurch kann oftmals auf eine Behandlung der adulten Käfer im Keimblattstadium verzichtet werden (Breitenmoser *et al.* 2020). Allenfalls wird dann eine Behandlung mit einem Wachstumsregulator oder Fungizid erforderlich, um ein frühzeitiges Schossen zu unterdrücken und die Winterhärte zu verbessern (AGRIDEA 2023b).

Praxisreif

Untersaat: Eine Untersaat reduziert die Frassschäden durch die adulten Rapserrdflohe, jedoch nicht den Befall durch die Larven (Breitenmoser *et al.* 2020; Schneider *et al.* 2024). Werden der Untersaat Ackerbohnen beigemischt, können auch die Überwinterungsschäden durch die Rapserrdfloharven sowie die Schäden durch den Rapsstängelrüssler und Rapsglanzkäfer reduziert werden (Breitenmoser *et al.* 2022; Magnin *et al.* 2025). Die Wirkung gegen den Rapsstängelrüssler und den Rapserrdfloh scheint mit frostempfindlichen Sommerackerbohnen etwas besser zu sein (Magnin *et al.* 2025). Die Herausforderung mit der Untersaat ist, dass diese die Kultur nicht um Nährstoffe und Licht konkurrieren darf. Das ist ein empfindliches Gleichgewicht, welches von der Saatstärke, dem Saatzeitpunkt und der Zusammensetzung der Untersaat, aber auch von den Wetterbedingungen abhängig ist. Das Austarieren dieser Faktoren muss noch optimiert werden.

Praxisreif; die Zusammenhänge und die bestmögliche Umsetzung in der Praxis werden weiter untersucht, insbesondere die ideale Saatedichte für Ackerbohnen: CAPRI (2025-2029), E(P)PIC (2026-2029), COMPERE (2026-2029).

Rübsenstreifen: Randstreifen mit früh blühenden Rübsen als Lockpflanzen können einen Teil der einfliegenden Rapsglanzkäfer abfangen (Büchi 1995; Schneider *et al.* 2024). Auch wurde eine leicht höhere Attraktivität für Rapserrdflohe beobachtet, die Effekte sind aber deutlich schwächer (Schneider *et al.* 2024). In einem dreijährigen Projekt der HAFL zeigten Randstreifen und gezielte Randbehandlungen jedoch kaum Erfolge und die

¹⁶ Für Raps, Zuckerrüben und Freiland-Konservengemüse muss auch auf den Einsatz von Fungiziden verzichtet werden.

Wirtschaftlichkeit wurde kritisch beurteilt, insbesondere auch, weil die Randstreifen für die Ernte wegfallen (Marti *et al.* 2024).

Zusätzlicher Forschungsbedarf; CAPRI (2025-2029)

Sommerraps statt Winterraps: Sommerraps wird erst im Frühjahr gesät, damit sind Schäden durch Rapserrflöhe nicht zu erwarten und auch die Schäden durch Rapsstängelrüssler sind deutlich geringer. Hingegen kann der Befall durch den Rapsglanzkäfer wegen der späten Blüte massiv sein. Sommerraps wird heute kaum angebaut. Der Ertrag ist verglichen mit Winterraps um rund 30 % geringer (Sinaj *et al.* 2017).

wenig Potenzial

Düngung

Eine Schwefeldüngung kann die Glucosinolatgehalte im Raps beeinflussen, welche eine wichtige Rolle bei der Schädling-Pflanzen-Interaktion spielen (Schäfer-Kösterke & Ulber 2014). Ob eine Schwefeldüngung den Schädlingsbefall reduzieren kann, wird im Projekt CAPRI (2025-2029) untersucht.

Zusätzlicher Forschungsbedarf; CAPRI (2025-2029)

Förderung von Nützlingen

Es gibt interessante Ergebnisse, die zeigen, dass Rapsglanzkäfer parasitiert und gefressen werden (Büchi 2002). Es ist aber nicht bekannt, ob damit ein agronomisch relevanter Effekt erreicht wird. Im Ressourcenprojekt PestiRed waren die Ernteverluste trotz Nützlingsstreifen hoch (Zorn *et al.* 2023). Es dürfte schwierig sein, die Rapsschädlinge, welche in kurzer Zeit grosse Schäden verursachen können, gezielt in einer Parzelle mit Nützlingen zu regulieren. Allenfalls können Nützlinge eine Rolle bei der Regulierung der Schädlingspopulationen über grössere Zeitperioden und Räume spielen.

Zusätzlicher Forschungsbedarf; Ressourcenprojekt PestiRed (2020-2027), Auxi-GEN (2022-2027; OCAN, UniGE, Agroscope), Microhyménoptères (2023-2026; FRIJ, UniNE, Agroscope)

Physikalische Bekämpfung

Kaolin ist ein mineralisches Gesteinsmehl und zugelassen mit einer repellenten Teilwirkung gegen den Rapsglanzkäfer. Kaolin bildet eine physikalische Barriere und wirkt abschreckend. Die Rapsglanzkäfer meiden daher mit Kaolin behandelte Pflanzen. Bei starkem Befall sind 2-3 Behandlungen erforderlich (Jossi *et al.* 2014). Ein Einsatz ist im Biolandbau und im Direktzahlungsprogramm PSM-Verzicht erlaubt.

Praxisreif

Tabelle 3 Zusammenfassung der präventiven und nicht-chemischen Pflanzenschutzmassnahmen gegen Schädlinge in Raps

präventive Massnahmen	Fruchtfolge	Wenig Potenzial Rapsschädlinge sind mobil und haben teilweise mehrere Lebensräume und verschiedene Wirtspflanzen.
	Robuste Sorten	Zusätzlicher Forschungsbedarf Es wurden leichte Sortenunterschiede in der Anfälligkeit auf Rapsschädlinge beobachtet. > CAPRI (2025-2029).
	Aussaat	Praxisreif Eine frühe Aussaat und gute Auflaufbedingungen unterstützen die Entwicklung kräftiger Einzelpflanzen, welche Schäden besser kompensieren können. Damit kann meistens auf eine Behandlung gegen die adulten Rapserrflöhe im Keimblattstadium (Blattfrass) verzichtet werden.
	Untersaat	Praxisreif Eine Untersaat reduziert den Blattfrass durch adulte Rapserrflöhe. Mit Ackerbohne in der Untersaat werden auch Schäden durch die Erdflöharven, Rapsstängelrüssler und Rapsglanzkäfer reduziert. Die optimale Praxisumsetzung wird weiter untersucht. > CAPRI (2025-2029), E(P)PIC (2026-2029), COMPERE (2026-2029)
	Rübsenstreifen	Zusätzlicher Forschungsbedarf Rübsenstreifen blühen früher als der Raps und dienen zur Ablenkung des Rapsglanzkäfers. Der Rübsenstreifen wird in Kombination mit anderen Massnahmen weiter untersucht. > CAPRI (2025-2029)
	Sommerraps statt Winterraps	Wenig Potenzial Sommerraps wird erst im Frühling ausgesät, dadurch werden Schäden durch Rapserrflöhe und Rapsstängelrüssler weitgehend vermieden. Wegen der späten Blüte verursacht der Rapsglanzkäfer grössere Probleme. Der Ertrag ist deutlich geringer verglichen zum Winterraps (-30 %).
	Düngung	Zusätzlicher Forschungsbedarf Eine Schwefeldüngung kann die Glucosinolatgehalte im Raps beeinflussen, welche eine wichtige Rolle bei der Schädlinge-Pflanzen-Interaktion spielen. > CAPRI (2025-2029)
	Nützlinge	Zusätzlicher Forschungsbedarf Nützlinge können mit Elementen wie Nützlingsstreifen gefördert werden. Ob eine agronomisch relevante Wirkung gegen Rapsschädlinge erzielt werden kann, wird untersucht. > Ressourcenprojekt PestiRed (2020-2025), Auxi-GEN (2022-2027), Microhyménoptères (2023-2026)
nicht-chemische Bekämpfung	Kaolin (Gesteinsmehl)	Praxisreif Kaolin ist mit einer Teilwirkung gegen den Rapsglanzkäfer zugelassen. Die Wirkung ist physikalischer Natur. Der Rapsglanzkäfer meidet Pflanzen, welche mit Kaolin behandelt wurden.

3.3.2 Zuckerrüben

Die Krankheiten Syndrome Basses Richesses (SBR) und viröse Vergilbung können hohe Ertragsausfälle verursachen, insbesondere durch die Reduktion des Zuckergehaltes von Zuckerrüben (Schaerer *et al.* 2019; Häni *et al.* 2022; Bovey *et al.* 1979). SBR wird durch das Bakterium ‘*Candidatus Arsenophonus phytopathogenicus*’ verursacht. Die Übertragung erfolgt vorwiegend durch die Schilf-Glasflügelzikade (*Pentastiridius leporinus*), jedoch können auch andere Zikaden die Krankheit übertragen. Die Zikaden können zudem Stolbur (*Candidatus Phytoplasma solani*) übertragen, welches in Deutschland bereits massive Schäden verursacht (LfL 2023). In der Schweiz gibt es erste Nachweise des Bakteriums (Debonneville *et al.* 2025). Die viröse Vergilbung wird durch Blattläuse übertragen (hauptsächlich *Myzus persicae*), welche die Viren von infizierten Wirtspflanzen aufnehmen und auf andere Pflanzen übertragen. Seit seiner Entdeckung in der Schweiz im Jahr 2019 (Germann & Breitenmoser 2020) verursacht auch der neu auftretende Rüsselkäfer (*Lixus juncii*) zunehmend Schäden (Brabant *et al.* 2024). Gegen Zikaden stehen keine direkten Bekämpfungsmassnahmen zur Verfügung, daher ist es umso wichtiger, präventive Massnahmen zu finden und umzusetzen. Zuckerrüben können durch viele weitere Schädlinge befallen werden. Deren Bedeutung ist aber weniger gross, so dass eine Bekämpfung oft nicht erforderlich ist (Häni *et al.* 2022; SFZ 2025). Die Bedeutung einiger Schädlinge könnte mit dem Klimawandel zunehmen.

Fruchtfolge

Wenn direkt nach Zuckerrüben kein Wintergetreide angebaut, sondern eine Schwarzbrache bis zur Frühjahreskultur (z.B. Mais, Soja) angelegt wird, kann der Zikadenflug massiv reduziert werden (Storelli & Keiser 2022). Eine Schwarzbrache ist dagegen hinsichtlich Bodenfruchtbarkeit, Nährstoffauswaschung und Erosion keine optimale Lösung. Auch eine Gründüngung nach sehr früher Rübenernte hat den Zikadenflug reduziert, aber weniger deutlich als die Schwarzbrache (Storelli & Keiser 2022). Allerdings ist es schwierig, nach der meist spät im Jahr stattfindenden

Rübenernte, eine Gründüngung anzulegen. Zudem ist erst wenig über die möglichen Wirtspflanzen der Zikade und damit der idealen Zusammensetzung einer allfälligen Gründüngung bekannt. Auch der Abstand zu Zuckerrübenparzellen aus dem Vorjahr spielt eine Rolle, da Zikaden nicht weit fliegen. Die Umsetzung solcher Massnahmen erfordert eine regionale Koordination, ist aber unter Umständen möglich, wie bereits in der Region Chablais gezeigt werden konnte (Storelli & Keiser 2022; Peter 2025a) *Phacelia* ist ein Reservoir für die viröse Vergilbung und sollte vor der Saat in der Umgebung der Parzelle entfernt werden (ITB 2024).

Praxisreif

Robuste Sorten

Seit 2022 wird von der Schweizerischen Fachstelle für Zuckerrübenanbau (SFZ) eine separate Sortenliste mit robusten Sorten für SBR-Befallsgebiete geführt. Die Züchtung und die Sortenprüfung arbeiten auch an robusten Sorten gegen die viröse Vergilbung und gegen den Rübenrüssler *Lixus juncii* (Peter 2025b).

Zusätzlicher Forschungsbedarf; Die Sortenprüfung soll für SBR-Starkbefallsstandorte optimiert und die Anfälligkeit auf den Rüsselkäfer *Lixus* eingebaut werden: SP-ZR-SBR (2024-2028) und SP-ZR-Lixus (2025-2027) (Projekte der SFZ mit Beteiligung Agroscope).

Anbautechnik

Aussaat: Eine frühe Saat und gute Auflaufbedingungen helfen den Zuckerrüben, sich schnell zu entwickeln und robuster gegen Frassschäden durch Rübenerdföhe zu werden (Häni *et al.* 2022). Dies erfordert ein feines Saatbett, warmes Wetter und genügend Feuchtigkeit nach der Aussaat.

Praxisreif

Push-and-Pull-Strategie mit Begleitpflanzen:

Gegen die Blattlaus *Myzus persicae* (Überträger der virösen Vergilbung): Weizen wird rund um das Zuckerrübenfeld und Hafer zwischen die Zuckerrübenreihen gesät. Weizen zieht *M. persicae* an (pull) während Hafer eher abstossend wirkt (push). Hafer als Untersaat muss im 6-Blattstadium der Zuckerrüben vernichtet werden (mit Herbiziden oder durch Hacken), da er sonst die Zuckerrüben konkurrenzieren würde. Erste Resultate sind vielversprechend, müssen aber bestätigt werden (Brabant *et al.* 2025).

Gegen den Rüsselkäfer *Lixus juncii*: Es wird untersucht, ob mit einer Lockpflanze (z.B. Spinat, Mangold) der Rüsselkäfer von den Zuckerrüben abgelenkt werden kann (pull).

Zusätzlicher Forschungsbedarf; E(P)PIC (2026-2029), MALI (2026-2030)

Bewässerung: Die Gänge vom Rüsselkäfer *Lixus juncii* erreichen den Wurzelhals bei gut mit Wasser versorgten Kulturen deutlich schlechter, wodurch Schäden grösstenteils ausbleiben (Brabant *et al.* 2024). Die optimalen Bewässerungsperioden und -intervalle müssen untersucht werden.

Zusätzlicher Forschungsbedarf; SFZ-Projekt SP-ZR-Lixus (2025-2027)

Förderung der Nützlinge

Nützlinge können eine regulierende Wirkung auf Blattläuse haben. Ob dies genügt, um eine Übertragung der virösen Vergilbung zu verhindern, ist nicht bekannt (Brönimann *et al.* 2022; Studer *et al.* 2025). Die Frage ist, ob Nützlinge die Blattläuse genügend schnell reduzieren können, um die Übertragung der virösen Vergilbung zu verhindern. Nützlinge können auch die Populationen des Rüsselkäfers *Lixus juncii* reduzieren (ITB 2022). Die in der Schweiz vorkommenden Arten und ihre Häufigkeit werden untersucht, um ihr Potenzial zu bewerten.

Zusätzlicher Forschungsbedarf; MALI (2026-2030)

Biotechnische und physikalische Bekämpfung

Pheromone: Es sollen Pheromon-Produkte für die Bekämpfung des Rüsselkäfers *Lixus juncii* entwickelt werden. Diese sollen in Fallen für ein Monitoring eingesetzt werden. Es wird auch geprüft, ob mit den Pheromonfallen sogar ein Massenfang möglich wäre.

Zusätzlicher Forschungsbedarf; MALI (2026-2030)

Repellentien: Möglicherweise haben gewisse Substanzen eine abstossende Wirkung auf Rüsselkäfer oder Rübenerdföhe (z.B. Kaolin). Verschiedene Stoffe werden untersucht.

Zusätzlicher Forschungsbedarf; MALI (2026-2030). FertiCrop (2026-2029)

Tabelle 4 Zusammenfassung der präventiven und nicht-chemischen Pflanzenschutzmassnahmen gegen Schädlinge in Zuckerrüben

präventive Massnahmen	Fruchtfolge	Praxisreif Der Zikadenflug (SBR) kann massiv reduziert werden, wenn auf Zuckerrüben eine Schwarzbrache bis zur Frühjahreskultur angelegt wird. Auch mit einem erhöhten Abstand zu Zuckerrübenparzellen aus dem Vorjahr kann der Druck reduziert werden.
	Robuste Sorten	Zusätzlicher Forschungsbedarf Seit 2022 gibt es eine separate Sortenliste mit SBR-robusten Sorten. Die Sortenprüfung soll für SBR-Starkbefallsstandorte optimiert und die Anfälligkeit auf den Rüsselkäfer <i>Lixus juncii</i> eingebaut werden. > SP-ZR-SBR (2024-2028), SP-ZR-Lixus (2025-2027)
	Aussaat	Praxisreif Eine frühe Aussaat und gute Auflaufbedingungen unterstützen die Entwicklung kräftiger Einzelpflanzen, welche Schäden durch den Rübenerrdfloh besser kompensieren können.
	Push-and-Pull-Strategie mit Begleitpflanzen	Zusätzlicher Forschungsbedarf Push-Pull-Strategie gegen Blattläuse (viröse Vergilbung) mit der Saat von Weizen und Hafer rund um die Zuckerrüben bzw. zwischen die Zuckerrübenreihen. > E(P)PIC (2026-2029) Push-Strategie gegen den Rüsselkäfer <i>Lixus juncii</i> mit Lockpflanzen. > MALI (2026-2030)
	Bewässerung	Zusätzlicher Forschungsbedarf Die Gänge des Rüsselkäfers <i>Lixus juncii</i> erreichen den Wurzelhals bei gut mit Wasser versorgten Kulturen deutlich weniger. Die optimalen Bewässerungsperioden werden untersucht. > SP-ZR-Lixus (2025-2027)
	Nützlinge	Zusätzlicher Forschungsbedarf Nützlinge können eine regulierende Wirkung auf Blattläuse und den Rüsselkäfer <i>Lixus juncii</i> haben. > MALI (2026-2030)
nicht-chemische Bekämpfung	Pheromone	Zusätzlicher Forschungsbedarf Pheromon-Fallen sollen für den Rüsselkäfer <i>Lixus juncii</i> entwickelt werden. Diese sollen entweder für das Monitoring oder sogar den Massenfang eingesetzt werden. > MALI (2026-2030)
	Repellentien	Zusätzlicher Forschungsbedarf Es wird untersucht, ob gewisse Stoffe (z.B. Kaolin) eine abstossende Wirkung auf den Rüsselkäfer <i>Lixus juncii</i> oder auf Rübenerrdföhe haben. > MALI (2026-2030), FertiCrop (2026-2029)

3.3.3 Kartoffeln

Der klassische Kartoffelschädling ist der Kartoffelkäfer (*Leptinotarsa decemlineata*). Er kann durch Blattfrass erhebliche Ernteverluste verursachen (Häni *et al.* 2022). Drahtwürmer (*Agriotes* spp.), welche die Knollen befallen und damit die Qualität der Kartoffeln beeinträchtigen, verursachen ebenfalls grosse Schäden, was starke Preisabzüge oder sogar eine Übernahmeverweigerung zur Folge haben kann. Seit dem Rückzug von Fipronil im Jahr 2014 und dem damit verbundenen Verlust der Möglichkeit, mit Fipronil gebeizten Hafer als Vorkultur zu Kartoffeln einzusetzen, fehlen wirksame Bekämpfungsmethoden gegen Drahtwürmer (Bussereau *et al.* 2024). In der Pflanzkartoffel-Produktion kann das durch Blattläuse übertragene Kartoffel-Y-Virus (PVY) massive Ausfälle verursachen (Dupuis *et al.* 2017). Im Jahr 2024 mussten grosse Mengen Pflanzkartoffeln wegen Virusbefall abgewiesen werden (Bauernzeitung 2024). Mittlerweile ist auch bekannt, dass das Bakterium 'Candidatus Arsenophonus phytopathogenicus', welches bei Zuckerrüben SBR auslöst und durch die Schilf-Glasflügelzikade übertragen wird, auch Kartoffeln befallen kann. Die Zikaden können zudem Stolbur ('Candidatus Phytoplasma solani') übertragen. Ein solcher Befall führt zur Abnahme der Backfähigkeit der Kartoffeln, was für die Herstellung von Pommes frites und Chips ein grosses Problem darstellt (HAFL & Agroscope 2025). Da es sich um ein neues Phänomen handelt, müssen zuerst Grundlagen erarbeitet werden.

Fruchtfolge

Die drei in der Schweiz hauptsächlich schädlichen Schnellkäferarten (*Agriotes linaetus*, *A. obscurus* und *A. sputator*) (Jossi *et al.* 2008), im Larvenstadium bekannt als Drahtwürmer, legen ihre Eier im späten Frühling (Mitte Mai bis Mitte Juni) in die Erde ab, bevorzugt in Kunstwiesen. Ein grosser Anteil Kunstwiese in der Fruchtfolge erhöht daher das Risiko für Drahtwurmschäden. Das Risiko für Drahtwurmschäden kann von 50 % auf unter 8 % reduziert werden, wenn die Kartoffeln erst drei Jahre nach Wiesenumbruch angebaut werden (swisspatat 2022). Der Befallsdruck durch den Kartoffelkäfer nimmt ab, wenn im Vorjahr auf Nachbarparzellen keine Kartoffeln angebaut wurden (Häni *et al.* 2022).

Praxisreif

Robuste Sorten

Es gibt Sortenunterschiede in der Anfälligkeit auf verschiedene Viren, welche in der Liste empfohlener Sorten ausgewiesen werden. Insbesondere gegen PVY robuste Sorten werden in Zukunft an Bedeutung gewinnen, weil es in der Pflanzvermehrung wenig wirksame Massnahmen gegen die Übertragung dieses Virus gibt. Es ist bekannt, dass Kartoffelsorten unterschiedlich anfällig auf Drahtwürmer sein können (Jonasson & Olsson 1994; Lorenzo *et al.* 2025). Auch gegen das Bakterium '*Candidatus Arsenophonus phytopathogenicus*' besteht die Möglichkeit, wie bei Zuckerrüben, robuste Sorten zu finden.

Praxisreif; für Viren.

Zusätzlicher Forschungsbedarf besteht bei Drahtwürmern und '*Candidatus Arsenophonus phytopathogenicus*': *Lutte intégrée contre le ver fil-de-fer en Suisse - WORMRID (2024-2028)*, *Ursachen ungenügender Backtests bei Verarbeitungskartoffeln (2024-2027)*.

Anbautechnik

Bodenbearbeitung: Eine flache Stoppelbearbeitung im Spätsommer, einige Tage nach Niederschlägen, befördert die Drahtwürmer an die Oberfläche, wo sie austrocknen (swisspatat 2022). Die Wirkung ist jedoch gering und muss konsequent über mehrere Jahre und zusammen mit anderen Bekämpfungsmassnahmen erfolgen (Guyer *et al.* 2020).

Praxisreif

Zwischenfrüchte und Begleitpflanzen: Es gibt Hinweise, dass einige Pflanzen (z.B. Flachs, Buchweizen) auf Kartoffelkäfer oder Drahtwürmer eine anziehende oder abstossende Wirkung haben. Darauf basierend könnte eine Push-and-Pull-Strategie entwickelt werden. Weiter geben erste Versuche Hinweise, dass die Zersetzung von Sorghum und braunem Senf im Boden die Drahtwurmpopulationen reduzieren können. Es wird untersucht, ob entsprechende Massnahmen entwickelt werden können.

Zusätzlicher Forschungsbedarf: *E(P)PIC (2026-2029)*, *Lutte intégrée contre le ver fil-de-fer en Suisse - WORMRID (2024-2028)*

Strohmulch: Blattläuse können das Kartoffel-Y-Virus (PVY) übertragen, was ein zunehmendes Problem in der Pflanzgutproduktion darstellt. Das Bedecken der Pflanzkartoffelfelder mit Stroh erhöht den Schutz um gut 20 % (Dupuis *et al.* 2017). Mit zunehmender Blattmasse verliert das Stroh an Wirkung und die Pflanzen müssen mit Öl-Behandlungen geschützt werden.

Praxisreif

Förderung der Nützlinge

Nützlinge haben eine regulierende Wirkung auf Blattläuse in Kartoffeln (Tschumi *et al.* 2016a). Eine Bekämpfung von Blattläusen in Speise- oder Industriekartoffeln ist meistens nicht erforderlich (Häni *et al.* 2022). Bei der Produktion von gesundem und zertifiziertem Pflanzmaterial (Pflanzkartoffeln) hingegen muss die Übertragung von Viren durch Blattläuse möglichst verhindert werden. Es ist unwahrscheinlich, dass Nützlinge die Übertragung von Viren verhindern können, da diese bereits mit den ersten Blattlaus-Befällen erfolgt (Dupuis *et al.* 2017). Gewisse Nützlinge (Spinnen, räuberische Wanzen, Laufkäfer) fressen auch Kartoffelkäfer (Bioaktuell 2021), der Beitrag kann jedoch nicht eingeschätzt werden.

Praxisreif gegen Blattläuse in Speise- oder Industriekartoffeln.

Wenig Potenzial gegen virusübertragende Blattläuse in Pflanzkartoffeln.

Biologische Bekämpfung

***Bacillus thuringiensis* (Bakterien):** Präparate mit *B. thuringiensis* zeigen eine gute Wirkung gegen die jungen Larven (1.5 bis 3 mm) der Kartoffelkäfer. Bei grösseren Larven nimmt die Wirkung ab, weshalb eine frühe Erkennung und Behandlung entscheidend sind. Empfohlen werden mindestens zwei Behandlungen im Abstand von 8-10 Tagen. Eine einmalige Behandlung kostet rund 200 CHF/ha. Direktzahlungsbeiträge für den Verzicht auf Insektizide von 800 CHF/ha können diese Kosten decken, falls nicht später doch noch auf ein chemisches Präparat zurückgegriffen werden muss.

Praxisreif

Entomopathogene Pilze: Seit einigen Jahren erteilt das BLV eine Notfallbewilligung für die Anwendung von Attracap mit dem Pilz *Metarhizium brunneum*. Das biologische Präparat ist mit einer Teilwirkung zugelassen. Eine Behandlung kostet rund 650 CHF/ha. Versuche von Agroscope konnten bei einer Anwendung in den Kartoffeln keine

ausreichende Wirkung zeigen (Bussereau *et al.* 2024). Weitere entomopathogene Pilze sowie der optimale Einsatz über die ganze Fruchtfolge werden in einem weiteren Projekt zusammen mit der HAFL und dem Kompetenzzentrum Grangeneuve untersucht.

Zusätzlicher Forschungsbedarf: *Lutte intégrée contre le ver fil-de-fer en Suisse - WORMRID (2024-2028)*

Physikalische Bekämpfung

Die Kartoffelkäfer und deren Larven können mit speziellen Geräten von den Stauden geschüttelt und eingesammelt werden. Je aufrechter und kleinblättriger eine Kartoffelsorte wächst, desto besser ist die Wirkung (Gelencsér 2024). Die Wirkung ist insgesamt jedoch unvollständig und die Geräte sind teuer (Häni *et al.* 2022). Zudem ist die Flächenleistung noch gering.

Praxisreif, wenig rentabel, die Geräte sind teuer und die Wirkung ist unvollständig

Tabelle 5 Zusammenfassung der präventiven und nicht-chemischen Pflanzenschutzmassnahmen gegen Schädlinge in Kartoffeln

präventive Massnahmen	Fruchtfolge	Praxisreif Kartoffelanbau erst 2-3 Jahre nach Wiesenumbruch verringert das Risiko für Drahtwurmschäden deutlich.
	Robuste Sorten	Praxisreif für Viren In der Sortenliste wird die Anfälligkeit auf Viren ausgewiesen. Zusätzlicher Forschungsbedarf Es gibt Hinweise, dass es Unterschiede bei der Anfälligkeit auf Drahtwürmer und <i>Arsenophonus</i> gibt. > <i>Lutte intégrée contre le ver fil-de-fer en Suisse - WORMRID (2024-2028)</i> , Ursachen ungenügender Backtests bei Verarbeitungskartoffeln (2024-2027)
	Bodenbearbeitung	Praxisreif Eine Stoppelbearbeitung im Spätsommer nach Niederschlägen kann Drahtwürmer dezimieren. Die Wirkung ist jedoch gering und muss konsequent über mehrere Jahre gemeinsam mit anderen Massnahmen erfolgen.
	Zwischenfrüchte und Begleitpflanzen	Zusätzlicher Forschungsbedarf Es gibt Hinweise auf anziehende und repellente Wirkungen einiger Pflanzen auf Kartoffelkäfer und Drahtwürmer. > E(P)PIC (2026-2029), WORMRID (2024-2028)
	Strohmulch	Praxisreif Das Bedecken der Pflanzkartoffelfelder mit Stroh erhöht den Schutz der jungen Kultur gegen eine Kartoffel-Y-Virus -Übertragung um gut 20 %.
	Nützlinge	Praxisreif für Speise- und Industriekartoffeln Nützlinge haben eine regulierende Wirkung auf Blattläuse, welche in Speise- und Industriekartoffeln meistens nicht bekämpft werden müssen. Wenig Potenzial für Pflanzkartoffeln Die Virusübertragung erfolgt bereits mit den ersten Blattlaus-Befällen, daher ist eine Verhinderung der Übertragung durch eine natürliche Regulation unwahrscheinlich.
	nicht-chemische Bekämpfung	<i>Bacillus thuringiensis</i>
Entomopathogene Pilze		Zusätzlicher Forschungsbedarf Das Produkt Attracap mit dem entomopathogenen Pilz <i>Metarhizium brunneum</i> hat bisher eine durchgezogene Wirkung gezeigt. Weitere entomopathogene Pilze, der optimale Zeitpunkt der Bekämpfung sowie ein Einsatz über die ganze Fruchtfolge werden untersucht. > <i>Lutte intégrée contre le ver fil-de-fer en Suisse - WORMRID (2024-2028)</i>
Einsammeln von Kartoffelkäfern und deren Larven		Praxisreif, wenig rentabel Mit entsprechenden Geräten können Kartoffelkäfer und deren Larven eingesammelt werden. Jedoch sind die Kosten noch zu hoch und die Wirkung bisher unvollständig.

3.3.4 Freilandgemüse

Gemüse muss höchste Qualitätsanforderungen erfüllen (Schwarz *et al.* 1990). Bereits ein leichter Schädlingsbesatz oder einzelne Schäden können zum Verlust der ganzen Ernte führen¹⁷. Dies ist ein grosser Unterschied zum Ackerbau, wo ein Befall toleriert werden kann, solange er sich nicht zu stark auf den Ertrag und die innere Qualität auswirkt (Ausnahme sind Schäden an Kartoffelknollen). In der Schweiz wird eine grosse Anzahl verschiedener Gemüsekulturen mit unterschiedlichen Herausforderungen angebaut. Gewisse Gemüsekulturen lassen sich mindestens auf einem Teil der Flächen ohne Insektizideinsatz anbauen (z.B. Nüsslisalat, Kürbisgewächse, Chicorée, Erbsen, Buschbohnen, Spinat, Zuckermais, Knollensellerie). Dies zeigt die Beteiligung an den Programmen der

¹⁷ www.qualiservice.ch > Qualitätsnormen

Direktzahlungen zum Verzicht auf Insektizide (23 %¹⁸ für einjähriges Freilandgemüse und 24% für Freiland-Konservengemüse). Schädlinge können regional und von Jahr zu Jahr sehr unterschiedlich stark auftreten. Je nach Jahr und Parzelle kann eine Behandlung erforderlich sein oder nicht, aber ein genereller Verzicht ist schwierig. Hier spielt die Gemüsebau-Info eine zentrale Rolle, welche regelmässig über das Auftreten der Schädlinge und Krankheiten informiert. Dies erleichtert den Landwirtinnen und Landwirten die Beobachtung ihrer Parzellen.

Fruchtfolge

Die klassischen bodenbürtigen Fruchtfolge-Schädlinge (Nematoden) sind mit den heutigen Fruchtfolgen grundsätzlich unter Kontrolle. Oft gibt es hier für die Betriebe auch kaum andere Optionen (Schwarz *et al.* 1990). Werden in einer Region über das ganze Jahr Kulturen aus der gleichen Familie angebaut, kann sich ein grosser Schädlingsdruck aufbauen. So ist bekannt, dass sich in Gebieten mit ganzjährigem Kohlanbau grosse Populationen der Weissen Fliege entwickeln können. Dadurch werden Neupflanzungen bereits sehr früh befallen. Eine regionale Fruchtfolge könnte diese Probleme entschärfen (Sauer & Guyer 2020). In der kleinräumig strukturierten Schweizer Landwirtschaft ist eine solche jedoch schwierig umzusetzen.

Praxisreif

Robuste Sorten

Die Grüne Salatlaus (*Nasonovia ribisnigri*) ist die wichtigste Blattlausart in Salaten im Freiland. Vor rund 30 Jahren wurden gegen die Grüne Salatlaus resistente Salatsorten in Europa eingeführt. Diese Sorten wurden zu einem der wichtigsten Werkzeuge in der Salatlausbekämpfung und haben zu einer Senkung des Insektizideinsatzes geführt. Seit 2007 setzt sich jedoch ein neuer Biotyp der Grünen Salatlaus durch, welcher die Resistenz durchbrochen hat (Sauer-Kesper *et al.* 2008). Seit dem Herbst 2025 sind neue Salatsorten auf den Markt, die Resistenzen gegen beide Biotypen der Grünen Salatlaus tragen.

Praxisreif gegen die Grüne Salatlaus

Anbautechnik

Ernterückstände, Rüst- und Sortierabfälle sachgemäss kompostieren, vergären oder wärmedesinfizieren: Diese präventive Massnahme hilft, den Befallsdruck gewisser Schädlinge (z.B. Weisse Fliege) zu verringern (Schwarz *et al.* 1990). Die Wirkung wird als hoch beurteilt, der Mehraufwand steht teilweise jedoch in Konflikt mit dem Zeitdruck bei der Ernte (Säle *et al.* 2022). Als etwas weniger wirksam wird das Mulchen oder Einarbeiten der Ernterückstände beurteilt (Säle & Neuweiler 2022).

Praxisreif

Mulchpflanzung mit Transfer- oder In-situ-Mulch gegen Erdflöhe und Tripse: Die Mulchschicht lenkt die Schädlinge von den Kulturpflanzen ab. Die Wirksamkeit wird als hoch eingeschätzt. Die Massnahme kann nur bei gepflanzten Kulturen eingesetzt werden. Die Massnahme verursacht hohe Arbeitskosten und für die Herstellung des Transfermulchs sind zusätzliche Flächen erforderlich (Säle *et al.* 2022; Säle & Neuweiler 2022). Mit der Dichte der Mulchschicht nimmt das Befallsrisiko von Fäulnisregern zu.

Praxisreif

Kopfkohl tief pflanzen und anhäufeln gegen die kleine Kohlflye: Das Anhäufeln der Jungpflanzen fördert die Bildung von Seitenwurzeln, wodurch die Pflanzen die Schäden besser kompensieren können (Schwarz *et al.* 1990). Die Wirkung wurde als mässig beurteilt (Säle *et al.* 2022; Säle & Neuweiler 2022).

Praxisreif

Untersaaten gegen Erdflöhe und die kleine Kohlflye: Die Wirtspflanzensuche der kleinen Kohlflye wird durch die Untersaat mit Erdklee erschwert. Eine Reduktion des Befalls von bis zu 70-80 % wurde beobachtet (Schmon *et al.* 2018). Das Management von Untersaaten ist in Gemüsekulturen jedoch äusserst anspruchsvoll. Eine zu stark entwickelte Untersaat konkurriert die Kulturpflanze und führt schnell zu starken Ertragsverlusten (Säle *et al.* 2022). Eine zu schwache Untersaat hingegen hat kaum mehr eine Wirkung gegen Schädlinge.

Wenig Potenzial: Das Management von Untersaaten ist in Gemüsekulturen äusserst anspruchsvoll und das Risiko für Ertragsreduktionen hoch.

¹⁸ Daten 2024 inkl. Bio-Betriebe. Es ist jedoch nicht bekannt, in welchen Gemüsekulturen der Verzicht umgesetzt wurde.

Aussaat: Gute Auflaufbedingungen helfen den Pflanzen das kritische Jugendstadium schnell zu überwinden. Das kann helfen, Schäden durch Erdflöhe und Bohnenfliege (Schwarz *et al.* 1990) zu reduzieren. Durch späte Saaten können auch gewisse Schädlingsgenerationen umgangen werden. Allerdings werden die Saattermine in der Regel durch den Markt oder Verarbeiter bestimmt (Säle *et al.* 2022).

Praxisreif

Intensive Bodenbearbeitung gegen Bodenschädlinge: Mit einer intensiven Bodenbearbeitung können verschiedene Bodenschädlinge wie Erdraupen, Erdschnaken, Drahtwürmer oder Engerlinge dezimiert werden (Schwarz *et al.* 1990). Die Wirkung wird als gering beurteilt (Säle *et al.* 2022). Eine intensive Bodenbearbeitung benötigt Energie und wirkt sich negativ auf verschiedene Elemente der Bodenfruchtbarkeit aus (z.B. Regenwürmer, Erosion, Humusabbau, Bodenstruktur) (Berner *et al.* 2013; Säle *et al.* 2022).

Wenig Potenzial

Förderung der Nützlinge

Nützlinge können eine regulierende Wirkung auf Schädlinge haben, deren gezielte Förderung ist aber sehr komplex. Nützlingsstreifen können auch negative Auswirkungen wie Verunkrautung und Mäuse- oder Wildschäden haben (Ruchti & Studer 2015; Versuchsstation Gemüsebau 2025). Zudem beanspruchen sie Produktionsfläche, was insbesondere im marktorientierten Gemüsebau eine zusätzliche Herausforderung ist. In Anbetracht der hohen Qualitätsanforderungen, unter denen weder ein Besatz mit Schädlingen noch mit Nützlingen akzeptiert wird (Luka & Koller 2019), und basierend auf den bisherigen Erfahrungen ist das Potenzial im Gemüsebau gering. Für gewisse Kulturen, bei denen Schäden weggerüstet werden können (z.B. Kopfkohl), ist ein gewisses Potenzial vorhanden (Luka & Koller 2019).

wenig Potenzial

Biologische Bekämpfung

***Steinernema carpocapsae* (Parasitische Nematoden):** Es sind Produkte gegen Erdraupen und Maulwurfsgrillen zugelassen. Die Wirkung der Nematoden wird als mittelmässig beurteilt (Säle *et al.* 2022), und ist zudem stark vom Wetter abhängig. Die Produkte sind sehr teuer.

Praxisreif, wenig rentabel

***Bacillus thuringiensis* (Bakterien):** Es sind Produkte gegen verschiedene Schädlinge, insbesondere Raupen, zugelassen. *B. thuringiensis* zeigt eine gute Wirkung gegen junge Larvenstadien. Die frühe Erkennung und Behandlung sind eine Herausforderung aber entscheidend für den Erfolg.

Praxisreif

Die anderen Präparate mit lebenden Organismen sind in der Regel nur für einen Anwendung im Gewächshaus zugelassen, weil die Wirksamkeit stark durch die im Freiland nicht kontrollierbaren Umweltbedingungen beeinträchtigt wird (z.B. Temperatur, Feuchtigkeit, Kultur, Substrat etc.).

Physikalische Bekämpfung

Insektenschutznetze: Insektenschutznetze verhindern das Einfliegen von Schädlingen. Bodenbürtige Schädlinge hingegen werden eingeschlossen (Schwarz *et al.* 1990). Netze fördern durch ihr feuchteres Mikroklima Krankheiten und sie können Druckstellen auf dem Gemüse hinterlassen. Das Aufstellen ist sehr zeitaufwändig, und für Fungizidbehandlungen und die Unkrautbekämpfung müssen die Netze entfernt werden. Die Kosten für einen Netzeinsatz sind mit den heutigen Lebensmittelpreisen deutlich zu hoch (Säle *et al.* 2022). Ein Einsatz kann sich eventuell im biologischen Gemüsebau mit höheren Marktpreisen und Direktzahlungen rechnen.

Praxisreif, wenig rentabel

Beregnung gegen Thripse: Gut bewässerte Zwiebeln und Lauch scheinen weniger von Thripsen befallen zu werden, da die Überlebensrate der Puppen in gut durchfeuchteten Böden reduziert ist (Sauer & Eder 2007). Die Wirkung wird als gering eingeschätzt (Säle *et al.* 2022; Säle & Neuweiler 2022). Zudem erhöht die Feuchtigkeit das Risiko für Krankheiten.

wenig Potenzial

Tabelle 6 Zusammenfassung der präventiven und nicht-chemischen Pflanzenschutzmassnahmen gegen Schädlinge im Gemüsebau

präventive Massnahmen	Fruchtfolge	Praxisreif In Gebieten mit Kohlanbau kann sich z. B. ein grosser Schädlingsdruck der Weissen Fliege aufbauen. Eine regionale Fruchtfolge könnte die Probleme entschärfen. Die Umsetzung ist in der kleinräumig strukturierten Schweizer Landwirtschaft jedoch eine Herausforderung.
	Robuste Sorten	Praxisreif Resistente Salatsorten gegen die Grüne Salatlaus sind sehr verbreitet. Die Resistenz wurde inzwischen durchbrochen, jedoch sind seit Herbst 2025 neue resistente Sorten auf dem Markt.
	Ernterückstände, Rüst- und Sortierabfälle sachgemäss kompostieren, vergären oder wärmedesinfizieren	Praxisreif Mit dieser Massnahme kann der Befallsdruck gewisser Schädlinge reduziert werden (z.B. Weisse Fliege). Der Mehraufwand ist in der intensiven Erntezeit teilweise schwer zu erbringen.
	Mulchpflanzung mit Transfer- oder In-situ-Mulch gegen Erdflöhe und Tripse	Praxisreif Mulch kann Schädlinge von der gepflanzten Kultur ablenken. Die Massnahme verursacht hohe Arbeitskosten und erfordert zusätzliche Fläche für den Anbau des Mulchmaterials.
	Kopfkohl tief pflanzen und anhäufeln gegen die kleine Kohlfleie	Praxisreif Das Anhäufeln der Jungpflanzen fördert die Bildung von Seitenwurzeln, wodurch die Pflanzen Schäden besser kompensieren können. Die Wirkung wird als mässig eingestuft.
	Untersaaten gegen Erdflöhe und die kleine Kohlfleie	Wenig Potenzial Untersaaten können Schädlinge von der Kulturpflanze ablenken. Das Management von Untersaaten ist in Gemüsekulturen aber äusserst schwierig.
	Aussaart	Praxisreif Gute Auflaufbedingungen helfen den Pflanzen das kritische Jugendstadium schnell zu überwinden.
	Intensive Bodenbearbeitung	Wenig Potenzial Die Wirkung ist gering und eine intensive Bodenbearbeitung hat negative Auswirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit.
	Nützlinge	Wenig Potenzial Nützlinge können eine regulierende Wirkung auf Schädlinge haben, deren gezielte Förderung ist aber sehr komplex. Aufgrund der hohen Qualitätsanforderungen und basierend auf den bisherigen Erfahrungen ist das Potenzial im Gemüsebau gering.
nicht-chemische Bekämpfung	<i>Steinernema carpocapsae</i>	Praxisreif, wenig rentabel Die Wirkung gegen Erdräupen und Maulwurfsgrielen ist nur mittelmässig und vom Wetter abhängig. Das Produkt ist sehr teuer.
	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Praxisreif Präparate mit <i>Bacillus thuringiensis</i> zeigen eine zuverlässige Wirkung gegen junge Larvenstadien. Eine frühe Erkennung und Behandlung sind daher entscheidend.
	Insektenschutznetze	Praxisreif, wenig rentabel Netze schützen die Kulturen vor einfliegenden Schädlingen. Jedoch können Netze Druckstellen auf dem Gemüse hinterlassen und Krankheiten fördern. Der Einsatz ist aufwändig und teuer.
	Beregnung gegen Thripse in Zwiebeln und Lauch	Wenig Potenzial Gut bewässerte Zwiebeln und Lauch scheinen weniger von Thripsen befallen zu werden, da die Überlebensrate der Puppen in gut durchfeuchteten Böden reduziert ist. Die Wirkung ist jedoch gering und Risiko für Krankheiten wird erhöht.

3.3.5 Schnecken, Vögel und Mäuse

Schnecken können bei feuchten Bedingungen in allen Kulturen grosse Schäden anrichten. Regelmässige Probleme verursachen sie vor allem in Raps, Zuckerrüben, Sonnenblumen, Roggen, Kartoffeln und Freilandgemüse (AGRIDEA 2025b; Schwarz *et al.* 1990). Faktoren wie eine reduzierte Bodenbearbeitung und eine lange Bodenbedeckung fördern Schnecken. Es gibt wenig präventive Massnahmen. Ein gut abgesetztes, oberflächlich feines Saatbett kann das Risiko von Schneckenschäden reduzieren (Häni *et al.* 2022). Nehmen Schnecken überhand, müssen sie bekämpft werden. Im biologischen Anbau steht Eisen-III-Phosphat als chemische Bekämpfung zur Verfügung, im ÖLN zusätzlich Metaldehyd. Als biologische Bekämpfung können Nematoden (*Phasmarhabditis hermaphrodita*) gegen Ackerschnecken (*Deroceras* spp.) eingesetzt werden. Diese haben jedoch keine Wirkung auf Wegschnecken (*Arion* spp.). Zudem sind Produkte, die Nematoden enthalten, nur sehr kurze Zeit haltbar und empfindlich gegenüber Licht und Trockenheit.

Praxisreif

Krähen und Tauben richten hauptsächlich an Mais und Sonnenblumen Schäden an, aber auch Getreide, Soja und Freilandgemüse können betroffen sein (AGRIDEA 2025c). Gegen Vögel ist nur noch in Mais eine Saatbeizung mit einem chemischen Repellent zugelassen. Seit einigen Jahren erteilt das BLV zudem eine Notfallzulassung für eine Saatbeizung in Mais und Sonnenblumen mit einem Repellent auf Pfefferbasis. Es gibt verschiedene alternative Massnahmen, wie z.B. Vogelscheuchen, Flugdrachen, Ballone oder akustische Schreckeffekte. Die Vögel gewöhnen

sich jedoch schnell an diese Vertreibungsmassnahmen. Agroscope testet einen neuen Ansatz, um die Gewöhnung zu verhindern. Mit einer automatischen Vogelerkennung sollen die akustischen Schreckeffekte auf ein Minimum reduziert und nur im Bedarfsfall eingesetzt werden.

Zusätzlicher Forschungsbedarf: ETHIC (2026-2030)

Wühl- und Feldmäuse sind vor allem Schädlinge des Dauergrünlandes und der Obstanlagen. Im Acker- und Gemüsebau werden sie durch die regelmässige Bodenbearbeitung gestört, sie können aber vom Parzellenrand aus auch an Kartoffeln, Raps und Freilandgemüse Schäden anrichten. Natürliche Feinde wie Greifvögel und Wiesel können z.B. mit Sitzstangen, Bäumen und Asthaufen gefördert werden. Mäuse können mit Fallen gefangen werden (Häni *et al.* 2022). Auch Mäusezäune können als präventive Massnahme eingesetzt werden. Allerdings sind sie aufwändig aufzustellen und eine vollständige Umzäunung ist selten realisierbar. Daher sind Mäusezäune nur zusammen mit einer direkten Mäusebekämpfung erfolgreich (Stutz *et al.* 2016).

Praxisreif

Tabelle 7 Zusammenfassung der präventiven und nicht-chemischen Pflanzenschutzmassnahmen gegen Schnecken, Vögel und Mäuse

präventive Massnahmen	Schnecken: Faktoren meiden, die Schnecken fördern	Praxisreif Reduzierte Bodenbearbeitung und durchgehende Bodenbedeckung können Schnecken fördern.
	Schnecken: gut abgesetztes, oberflächlich feines Saatbett	Praxisreif
	Mäuse: Mäusezäune	Praxisreif , jedoch aufwändig
	Mäuse: Förderung natürlicher Feinde	Praxisreif
nicht-chemische Bekämpfung	Schnecken: Nematoden (<i>Phasmarhabditis hermaphrodita</i>) freisetzen	Praxisreif Die Nematoden befallen Ackerschnecken (<i>Deroceras</i> spp.), haben jedoch keine Wirkung auf Wegschnecken (<i>Arion</i> spp.).
	Vögel: Vogelscheuchen, Flugdrachen, Ballone oder akustische Schreckeffekte	Zusätzlicher Forschungsbedarf Vögel gewöhnen sich schnell an Vertreibungsmassnahmen. Ein neuer Ansatz mit einer automatischen Vogelerkennung wird daher geprüft. > ETHIC (2026-2030)
	Mäuse: Fallen aufstellen	Praxisreif

4 Schlussfolgerung

Präventive Massnahmen als Teil des integrierten Pflanzenschutzes bilden das Fundament einer nachhaltigen Produktion von pflanzlichen Lebensmitteln. Doch trotz einer weitreichenden Umsetzung dieser Massnahmen muss in einigen Kulturen korrigierend eingegriffen werden. Der chemische Pflanzenschutz hat sich aufgrund seiner hohen Wirkungssicherheit, Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit seit Mitte des letzten Jahrhunderts als wichtiges Element in der Bekämpfung etabliert. Er hat dazu beigetragen, dass sich die Qualitätsanforderungen des Marktes und der Konsumentinnen und Konsumenten erhöht haben und gleichzeitig die Preise für pflanzliche Produkte reduziert werden konnten.

Der chemische Pflanzenschutz birgt aber auch Risiken für die Umwelt und die menschliche Gesundheit und er kann zu agronomischen Folgeproblemen führen (z.B. Schädigung Nützlinge, Resistenzentwicklung). Dies hat in den Siebzigerjahren zur Entwicklung des integrierten Pflanzenschutzes geführt, mit dem Ziel, den chemischen Pflanzenschutz auf ein Minimum zu reduzieren. Andererseits wurden auch die Anforderungen an die Pflanzenschutzmittelzulassung stetig erhöht. Insbesondere seit Anfang dieses Jahrhunderts hat dies zu einer starken Abnahme der Anzahl zugelassener PSM-Wirkstoffe geführt. Gleichzeitig breiten sich aufgrund des Klimawandels und der Globalisierung neue Schaderreger in der Schweiz aus. Als Folge einer reduzierten Anzahl an Pflanzenschutzmittelwirkstoffen sind in den letzten Jahren vermehrt Lücken im Pflanzenschutz entstanden. Es ist davon auszugehen, dass dieser Trend weiter anhalten wird. Wenn die Landwirtschaft weiterhin qualitativ

hochstehende Lebensmittel produzieren soll, ist sie auf die Entwicklung wirksamer Pflanzenschutzstrategien angewiesen. Es braucht spezifische Lösungen für die einzelnen Kultur-Schadorganismen-Kombinationen.

4.1.1 Unkrautregulierung

Die Unkrautregulierung ist der Bereich mit den meisten praxisreifen alternativen Möglichkeiten. Es gibt präventive Massnahmen und insbesondere auch wirksame mechanische und physikalische Bekämpfungsmöglichkeiten gegen Unkräuter. Der Verzicht auf chemische Herbizide bleibt aber trotzdem die wohl einschneidendste Massnahme bei der Umstellung auf biologischen Acker- und Gemüsebau (Bioaktuell 2025a, b; Lichtenhahn *et al.* 2002). Die nicht-chemischen Alternativen sind aufwändiger in der Umsetzung und stossen bei Problemunkräutern, einer starken Verunkrautung und ungünstigen Wetterverhältnissen an ihre Grenzen. Zum Beispiel hängt die Wirtschaftlichkeit von Biozuckerrüben neben dem Ertrag im Wesentlichen von der Anzahl geleisteter Arbeitsstunden für die mechanische Unkrautregulierung ab (Dierauer & Jenny 2022). Fehlende oder ungenügende Unkrautbekämpfung verursachen schnell grosse Ertragsausfälle, insbesondere in konkurrenzschwachen Kulturen. Zudem müssen gewisse Gemüsekulturen wie Spinat weitgehend unkrautfrei sein (Schwarz *et al.* 1990), da Unkräuter nach der maschinellen Ernte nur noch mit hohem Arbeitsaufwand herausortiert werden können. Auf 19 % der offenen Ackerfläche wird im Rahmen der 2023 eingeführten Direktzahlungsprogramme ganz oder teilweise auf den Einsatz von Herbiziden verzichtet (Daten BLW 2024), wobei über die Hälfte davon auf die biologische Landwirtschaft entfällt, in welcher Herbizide nicht erlaubt sind.

4.1.2 Krankheitsregulierung

Getreide, Mais, Sonnenblumen, Soja, Ackerbohnen und Eiweisserbsen werden in der Schweiz grösstenteils ohne Fungizid-Behandlungen, teilweise mit Saatbeizungen gegen samen- und bodenbürtige Krankheiten, angebaut. In Mais und Soja sind keine Fungizide zugelassen (Ausnahme Saatgutbeizungen in Mais). In den anderen Kulturen ist die Teilnahme an Direktzahlungsprogrammen zum Verzicht¹⁹ auf Insektizide und Fungizide hoch (Daten BLW 2024): Getreide (65 %), Sonnenblume (86 %), Ackerbohnen und Eiweisserbsen (beide 80 %). Bei Raps ist ein Verzicht auf Fungizide ebenfalls gut möglich, die tiefe Beteiligung am Direktzahlungsprogramm «Verzicht auf Pflanzenschutzmittel» (23 %) ist auf die Herausforderungen mit Schädlingen zurückzuführen (Marti *et al.* 2024). Die wichtigsten präventiven Massnahmen sind die Wahl robuster Sorten, gesundes Saatgut, eine ausgewogene Fruchtfolge und eine gute Feldhygiene.

Speziell beachtet werden sollte die Saat- und Pflanzgutvermehrung. Gesundes Saat- und Pflanzgut ist ein Schlüsselfaktor einer erfolgreichen nachhaltigen Produktion. Daher sind die Anforderungen in der Saat- und Pflanzgutvermehrung sehr hoch und ein Verzicht auf chemischen Pflanzenschutz eine grössere Herausforderung. Saatgutvermehrungsbetriebe können einen Krankheitsbefall oder Unkrautbesatz kaum tolerieren, weil sich diese Probleme in der Vermehrung vervielfachen und schlussendlich zu Schwierigkeiten in der nachgelagerten landwirtschaftlichen Produktion führen.

Bei Kartoffeln, Zuckerrüben und Freilandgemüse reichen präventive Massnahmen allein heute oft nicht aus. Zudem sind die nicht-chemischen Bekämpfungsmöglichkeiten gegen Krankheiten abgesehen von der Saatgutbehandlung sehr begrenzt. Mit robusten Sorten ist eine zusätzliche Reduktion des Fungizideinsatzes möglich. Ein vollständiger Verzicht auf Fungizide erhöht jedoch die Wahrscheinlichkeit, dass Krankheitserreger die Resistenzen neuer robuster Sorten durchbrechen. Die Akzeptanz neuer Züchtungstechnologien und ein einfacher, praxisorientierter regulatorischer Rahmen könnten helfen, die Züchtung robuster Sorten in Zukunft gezielter und schneller voranzutreiben (Kümin *et al.* 2023).

4.1.3 Schädlingsregulierung

Viele Schädlinge verursachen im Ackerbau keine grossen Schäden. Sie werden durch präventive Massnahmen wie Fruchtfolge und Schonung von Nützlingen meistens ausreichend kontrolliert, so dass die Pflanzen die Schäden weitgehend kompensieren können. Ein gutes Beispiel sind Blattläuse, Getreidehähnchen oder Maiswurzelbohrer, welche in der Schweiz im Ackerbau selten oder gar nicht bekämpft werden müssen. In der Schweiz werden Getreide, Mais, Sonnenblumen, Soja, Eiweisserbsen und Ackerbohnen zu grossen Teilen ohne chemische Insektizide angebaut. Raps, Kartoffeln, Zuckerrüben und Freilandgemüse hingegen werden von Schädlingen mit einem deutlich

¹⁹ Saatbeizungen sind erlaubt

höheren Schadpotenzial befallen (wie z.B. Kartoffelkäfer, Rapsglanzkäfer). Hier reichen die in der Praxis umgesetzten präventiven Massnahmen heute oft nicht aus. Bei Zuckerrüben und Pflanzkartoffeln sind bei einem Befall mit Blattläusen zudem Massnahmen erforderlich, um eine Virusübertragung zu verhindern. Im Ackerbau sind Ansätze für die Entwicklung weiterer präventiver Massnahmen vorhanden. Die bisherigen Erfahrungen zeigen aber, dass präventive Massnahmen oft nur Teilwirkungen gegen Schädlinge zeigen. Es müssen daher meistens mehrere Massnahmen kombiniert werden. Potenzial haben einige Ansätze wie Fruchtfolge in Zuckerrüben, *Bacillus thuringiensis* gegen Kartoffelkäfer und Untersaaten in Raps. Weitere Massnahmen werden derzeit noch erforscht.

4.1.4 Unterschiede zwischen Acker- und Gemüsebau

Während im Ackerbau grossflächig hauptsächlich Getreide und Hackfrüchte für die Weiterverarbeitung (mit Ausnahme der Speisekartoffeln) produziert werden, konzentriert sich der Gemüseanbau auf pflanzliche Produkte, die oft für den direkten Verzehr bestimmt sind. Das bedeutet, dass die äusseren Qualitätsanforderungen für Ackerbaufrüchte insgesamt tiefer liegen als bei Gemüse und Speisekartoffeln, und gewisse Schäden und ein Schädlingsbesatz toleriert werden. Zudem können Ackerbaukulturen, falls erforderlich, zu Futtermitteln deklassiert werden, was für den Landwirtschaftsbetrieb zwar eine finanzielle Einbusse, aber keinen Totalausfall bedeutet. Im Gegensatz dazu sind die Anbauflächen für Gemüse deutlich kleiner und die Wertschöpfung höher. Dies wiederum ermöglicht eher eine Finanzierung teurerer und aufwändigerer Massnahmen wie Handarbeit oder Einsatz von Hackrobotern oder Netzen.

4.1.5 Ausblick

Die Massnahmen im alternativen Pflanzenschutz werden ständig weiterentwickelt. Einige Massnahmen wurden in dieser Übersicht als noch nicht oder nur bedingt praxistauglich eingestuft, da entweder Erfahrungswerte fehlen oder die Massnahmen zurzeit noch zu kostenintensiv sind. Insbesondere hier sollten die Forschung und Entwicklung weiter beobachtet und Rückmeldungen aus der Praxis berücksichtigt werden, um Massnahmen gegebenenfalls besser bewerten zu können.

Der Erfolg alternativer Pflanzenschutzmassnahmen hängt jedoch nicht nur von der agronomischen Lösung ab, sondern auch von deren Kosten und Marktakzeptanz. So erhöhen alternative Massnahmen oft die Produktionskosten und zeigen eine höhere Variabilität in ihrem Wirkungsgrad. Insbesondere der Handel sollte deshalb in die Erarbeitung neuer Lösungen einbezogen werden, damit relevante Marktfaktoren wie der Produktpreis oder die Qualitätsanforderungen ebenfalls berücksichtigt werden können. Mit Blick auf einen reduzierten Einsatz von Pflanzenschutzmitteln könnte es sinnvoll sein, die privatrechtlich geregelten Qualitätsanforderungen für Gemüse bezüglich rein optischer und lebensmittelrechtlich unbedenklicher Aspekte zu hinterfragen, eventuell zu reduzieren und einen gewissen Schädlingsbesatz zu tolerieren. Zudem könnten die mit alternativen Pflanzenschutzmassnahmen verbundenen Zusatzaufwendungen und höheren Ertragsrisiken durch höhere Lebensmittelpreise oder andere Massnahmen ausgeglichen werden.

Zahlreiche Forschungsprojekte von Agroscope und anderen Forschungseinrichtungen untersuchen die Möglichkeiten, präventive und nicht-chemische Massnahmen zum Schutz der Kulturen gegen Unkräuter, Krankheiten und Schädlinge auszuarbeiten und praxistauglich zu machen. Daher werden zukünftig neue Erkenntnisse zu präventiven und nicht-chemischen Massnahmen erwartet. Neue Plattformen sollen zudem den Dialog und die Mitverantwortung relevanter Akteure der Wertschöpfungskette für neue Pflanzenschutzlösungen stärken. Das neue Arbeitsprogramm 2026-2029 von Agroscope sowie die vom BLW vorgestellte «Strategie für einen nachhaltigen Schutz der Kulturen 2035» unterstützen dabei die Entwicklung praxisorientierter Lösungen für die Landwirtschaft.

5 Danksagung

Wir möchten Eva Reinhard und Christoph Carlen für ihre vielen Inputs während des Entstehungsprozesses dieser Übersicht und für ihre kritischen und hilfreichen Anmerkungen zum Text danken.

6 Literaturverzeichnis

- AGRIDEA (2018). Wirtschaftlichkeit im Fokus: Herbizidverzicht mit Hilfe von Untersaaten – Wunschdenken oder eine echte Alternative? Dezember 2018. <https://agridea.abacuscity.ch/de/A~3328~1/Herbizidverzicht-mit-Hilfe-von-Untersaat/Deutsch/Print-Papier>
- AGRIDEA (2021). Fusarien in Gerste und Weizen. Getreide – Krankheiten, Kapitel 2.5.5. August 2021.
- AGRIDEA (2023a). Fiches techniques “Grandes cultures”: Rotation, chapitre 1.0.1-2
- AGRIDEA (2023b). Fiches techniques “Grandes cultures”: Colza – Régulation de la culture, chapitre 6.4.1
- AGRIDEA (2023c). Fiches techniques “Grandes cultures”: Céréales – Désherbage mécanique, chapitre 2.3.3-4
- AGRIDEA (2023d). Fiches techniques “Grandes cultures”: Colza associé, chapitre 6.1.5-6
- AGRIDEA (2024a). Fiches techniques “Grandes cultures”: Maïs - Sous-semis, chapitre 5.2.5-6
- AGRIDEA (2024b). Fiches techniques “Grandes cultures”: Maïs - Désherbage mécanique, chapitre 5.3.1-2
- AGRIDEA (2024c). Fiches techniques “Grandes cultures”: Tournesol – Désherbage mécanique, chapitre 8.3.1-2
- AGRIDEA (2025a). Fiches techniques “Grandes cultures”: Désherbage mécanique, chapitre 1.3.1-2
- AGRIDEA (2025b). Fiches techniques “Grandes cultures”: Ravageurs – Limaces, chapitre G.1.1-4
- AGRIDEA (2025c). Fiches techniques “Grandes cultures”: Ravageurs – Oiseaux, chapitre G.2.1-2
- AGRIDEA (2025d). Bekämpfungsschwellen 2025 für Massnahmen gegen Schadorganismen im Feldbau (ÖLN). Grundlagen – Entscheidungshilfen, Kapitel 1.5.3-9. März 2025
- Albrecht *et al.* (2020). The effectiveness of flower strips and hedgerows on pest control, pollination services and crop yield: a quantitative synthesis. *Ecology Letters*, (2020), 1-12. <https://doi.org/10.1111/ele.13576>
- Ames B. N., Gold L. S. (1990). Chemical carcinogenesis: Too many rodent carcinogens. *Proc. Nati. Acad. Sci. USA* Vol. 87, pp. 7772-7776, October 1990. <https://doi.org/10.1073/pnas.87.19.7772>
- Ames B. N., Gold L. S. (1997). Environmental Pollution, Pesticides, and the Prevention of Cancer: Misconceptions. *FASEB J.* Volume 11, Issue 13, November 1997, pages 1041-1052 <https://doi.org/10.1096/fasebj.11.13.9367339>
- Anken T., Heusser J., Sartori L. (1993). Stoppelbearbeitung. Jedes System besitzt spezifische Eigenschaften. FAT-Berichte Nr. 431. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/17858>
- Ballmer T., Hebeisen T., Wüthrich R., Gut F. (2012) Potenzial der Tröpfchenbewässerung im Kartoffelbau bei veränderten Klimabedingungen. *Agrarforschung Schweiz*, 3, (5), 2012, 244-251. <https://ira.agroscope.ch/en-US/publication/29177>
- Bänziger I., Hebeisen T., Amrein D., Vogelgsang S., Sullam K. (2023). 25 Jahre Gesundheitsuntersuchungen von Bio- und IP-Getreidesaatgut an Agroscope: Ein Rück- und Ausblick. *Agrarforschung Schweiz*, 14, 2023, 33-42. <https://doi.org/10.34776/afs14-33>
- Bauernzeitung (2024). Es hat zu wenig Pflanzkartoffeln – und Importe helfen nicht. Publiziert am 18. Januar 2024. <https://www.bauernzeitung.ch/artikel/markt-preise/es-hat-zu-wenig-pflanzkartoffeln-und-importe-helfen-nicht-505509>
- Baux A., Magnin L., Laurent E.-A., Breitenmoser S., Hiltbold I. (2024). Wie tolerant sind welche Rapsorten? *Revue UFA*, 7, (8), 2024, 16-19. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/57775>
- Berner *et al.* (2013). FiBL-Faktenblatt: “Grundlagen zur Bodenfruchtbarkeit”. Faktenblatt Nr. 1576. <https://www.fibl.de/shop/1576-bodenfruchtbarkeit>
- Bertschi M. (2020). Mechanische Unkrautregulierung in Winterweizen. <https://www.strickhof.ch/publikationen/mechanische-unkrautregulierung-in-winterweizen-2020/>

- Bioaktuell (2021). Internetseite Bioaktuell: Regulierung des Kartoffelkäfers. (Abgerufen am 2. September 2025) <https://www.bioaktuell.ch/pflanzenbau/ackerbau/kartoffeln/pflanzenschutz/kartoffelkaefer>
- Bioaktuell (2025a). Internetseite Bioaktuell: Unkrautregulierung im Ackerbau. (Abgerufen am 31. August 2025) <https://www.bioaktuell.ch/pflanzenbau/ackerbau/unkrautregulierung>
- Bioaktuell (2025b). Internetseite Bioaktuell: Mechanische Unkrautregulierung im Gemüsebau. (Abgerufen am 31. August 2025) <https://www.bioaktuell.ch/pflanzenbau/gemuesebau/unkraut-gemuese/unkrautregulierung-gemuese-film>
- Blatter A., Wüst S., Vonzun S., Haug B., Meyer M., Messmer M.M., Hiltbrunner J. (2022). Nachhaltige Proteinversorgung mit Mischkulturen in der Schweiz: Erbse und Linse im Fokus. In: Bulletin 32. 2022, 10-11. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/50509>
- BLE (2023). Sind biologisch abbaubare Folien eine gute Alternative? Bundesinformationszentrum Landwirtschaft der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) <https://www.praxis-agrar.de/pflanze/gartenbau/kunststofffolien-im-gartenbau/sind-biologisch-abbaubare-folien-eine-gute-alternative>
- BLV (2024). Weisungen der Zulassungsstelle betreffend die Massnahmen zur Reduktion der Risiken bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. 4. Juni 2024. <https://www.blv.admin.ch/blv/de/home/zulassung-pflanzenschutzmittel/anwendung-und-vollzug/weisungen-und-merkblaetter.html> > Schutz der Oberflächengewässer und Biotope
- BLV (2025a). Zurückgezogene Wirkstoffe (2005-2025). <https://www.blv.admin.ch/blv/de/home/zulassung-pflanzenschutzmittel/zugelassene-pflanzenschutzmittel/zurueckgezogene-pflanzenschutzmittel.html>
- BLV (2025b). Zurückgezogene Kulturen GÜ 2013-2025. <https://www.blv.admin.ch/blv/de/home/zulassung-pflanzenschutzmittel/zugelassene-pflanzenschutzmittel/erneuerung-ueberpruefung.html>
- BLW, ACW, ART (2008). Sorten, Saat- und Pflanzgut in der Schweiz. <https://www.blw.admin.ch/de/sorten-und-saatgut>
- BLW (2025). Pflanzengesundheit. <https://www.blw.admin.ch/de/pflanzengesundheit> (Abgerufen am 19. August 2025)
- Bovey R., Baggiolini M., Bolay A., Bovey E., Corbaz R., Mathys G., Meylan A., Murbach R., Pelet F., Savary A., Trivelli G. (1979) La défense des plantes cultivées : traité pratique de phytopathologie et de zoologie agricole. 7e éd. Lausanne: Payot, 1979.
- BR (2017). Aktionsplan zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. Bundesrat (BR). September 2017 <https://www.blw.admin.ch/de/aktionsplan-pflanzenschutzmittel>
- BR (2020). Schrittweiser Ausstieg aus der Verwendung von Glyphosat: Zweckmässigkeit und Modalitäten. November 2020. <https://www.parlament.ch/de/ratsbetrieb/suche-curia-vista/geschaefft?AffairId=20174059>
- BR (2024). Aktionsplan Pflanzenschutzmittel: Zwischenbericht zur Umsetzung 2017-2022. Mai 2024. <https://www.blw.admin.ch/de/aktionsplan-pflanzenschutzmittel>
- Brabant C., Breitenmoser S., Bussereau F., Cornamusaz B. (2024). Der Rüsselkäfer *Lixus juncii* im Zuckerrübenanbau: Situation in der Schweiz und Beobachtungen in Changins. Pflanzenschutztagung Feldbau. 12. Januar, Biel. 2024, 1-17. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/57289>
- Brabant C., Kellenberger S., Demal S., Steinger T., Hiltbold I. (2025). Wirkungen der Begleitpflanzen auf den Vektor der virösen Vergilbung von Zuckerrüben (*Myzus persicae*). In: 12ème Journée Nationale en grandes cultures. 17. Januar, Hrsg. Agroscope, Bienne (CH). 2025. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/58774>
- Breitenmoser S., Steinger T., Hiltbold I., Grosjean Y., Nussbaum V., Bussereau F., Klötzli F., Widmer N., Baux A. (2020). Effet des plantes associées au colza d'hiver sur les dégâts d'altises. Recherche Agronomique Suisse, 11, 2020, 16-25. <https://doi.org/10.34776/afs11-16>

- Breitenmoser S., Hiltbold I., Steinger T., Baux A. (2022). Intercropping Winter Oilseed Rape (*Brassica napus* L.) Has the Potential to Lessen the Impact of the Insect Pest Complex. *Agronomy*, 12, (3), 2022, 1-10. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030723>
- Brönnimann V., Jacot-Ammann K., Jeanneret P. (2022). Nützlinge statt Pestizide im Zuckerrübenanbau: Pilotprojekt 2021. Hrsg. Agroscope, Zürich. 11. Februar, 2022, 23 S. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/51117>
- Büchi R. (1995): Combination of trap plants (*Brassica rapa* var. *silvestris*) and insecticide use to control rape pests. – IOBC/wprs Bulletin 18 (4), 102-121.
- Büchi R. (2002). Mortality of pollen beetle (*Meligethes* spp.) larvae due to predators and parasitoids in rape fields and the effect of conservation strips. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 90 (2002) 255–263. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00213-4](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00213-4)
- Bussereau F., Breitenmoser S., Tallant M., Riot G., Klötzli F., Schwärzel R., Torche J.-M., Dupuis B., Steinger T. (2024). Kurative Massnahmen gegen Drahtwürmer (*Agriotes* spp.) in Kartoffelkulturen. *Recherche Agronomique Suisse* 15: 138–144, 2024. <https://doi.org/10.34776/afs15-138>
- Chamberlin T. (2024). Rapsanbau ohne Herbizid. www.strickhof.ch > Fachwissen > [Rapsanbau ohne Herbizid](#)
- Chapelle A., Malet J.-C. (2022). Presentation “Availability of active substances in the EU”. Horizontal Expert Group of the MUCF. 4. March 2022. https://minoruses.eu/media/files/resources/Active_Substances_Availability_March_2022.pdf
- Charles R., Cornamusaz B., Lachat B., Stoecklin M. (2025). FiBL-Merkblatt «Zuckerrüben pflanzen». FiBL-Merkblatt Nr. 1807. <https://www.fibl.org/de/infotek/meldung/merkblatt-anbau-zuckerrueben-jungpflanzen>
- De Vrieze M., de Werra P., Hauser B., Piva L., Visse-Mansiaux M., Gouerou M., Dupuis B. (2025). Schweizer Sortenliste für Kartoffeln 2026. *Agroscope Transfer*, 618, 2025, 1-8. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/61195>
- Debonneville C., Dubuis N., Schumpp O. (2025). First detection of a 'Candidatus *Phytoplasma solani*'-related strain infecting sugar beet in Switzerland. *New Disease Reports*, 51, (1), 2025, Artikel e70021. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/58926>
- Dierauer H. (2013). Vorbeugende Massnahmen. <https://www.bioaktuell.ch/pflanzenbau/ackerbau/unkrautregulierung/vorbeugende-massnahmen>
- Dierauer H., Clerc M., Böhler D., Klais M., Hegglin D. (2017). FiBL-Merkblatt “Erfolgreicher Anbau von Körnerleguminosen in Mischkultur mit Getreide”. FiBL-Merkblatt Nr. 1670. <https://www.fibl.org/de/shop/1670-koernerleguminosen-mischkulturen>
- Dierauer H., Jenny S. (2022). FiBL-Merkblatt “Biozuckerrüben - Herausforderungen und Chancen des Anbaus”. FiBL Ausgabe Schweiz Nr. 1172. <https://www.fibl.org/de/shop/1172-zuckerrueben>
- Dierauer H., Grosse M. (2025). FiBL-Merkblatt «Reduzierte Bodenbearbeitung - Schutz der Bodenfunktionen für eine bessere Klimaresilienz». FiBL-Merkblatt Nr. 1652. <https://www.fibl.org/de/infotek/meldung/merkblatt-zur-reduzierten-bodenbearbeitung-ueberarbeitet>
- DLG (2019). Merkblatt “Mechanische Unkrautregulierung – Technik für die Praxis”. DLG-Merkblatt 449, 1. Auflage November 2019. <https://www.dlg.org/mediacenter/dlg-merkblaetter/dlg-merkblatt-449-mechanische-unkrautregulierung-technik-fuer-die-praxis-1>
- Dupuis B., J. Cadby, G. Goy, M. Tallant, J. Derron, R. Schwaerzel, T. Steinger (2017). Control of potato virus Y (PVY) in seed potatoes by oil spraying, straw mulching and intercropping. *Journal of Plant Pathology*, 66, 2017, 960-969. <https://doi.org/10.1111/ppa.12698>
- Fraunhofer (2022). Medienmitteilung “Desinfektion von Saatgut – sicher und nachhaltig durch Elektronenbehandlung”. Publiziert am 19. Mai 2022.

<https://www.fraunhofer.de/de/presse/presseinformationen/2022/mai-2022/desinfektion-von-saatgut-sicher-und-nachhaltig-durch-elektronenbehandlung.html>

Gelencsér T., Dierauer H. (2021). FiBL-Merkblatt «Abflammen - Alternative Unkrautregulierung ohne Herbizide». FiBL-Merkblatt Nr. 1155. <https://www.fibl.org/de/infothek/meldung/aktualisiertes-merkblatt-abflammen-alternative-unkrautregulierung-ohne-herbizide>

Gelencsér T. (2024). Alternative Regulierungsmethoden des Kartoffelkäfers: Zwischenbericht 2023 Teil Käfersammeln. FiBL. <https://www.bioaktuell.ch/pflanzenbau/ackerbau/kartoffeln/regulierung-des-kartoffelkaefers>

Germann C., Breitenmoser S. (2020). *Lixus juncii* Boheman, 1835 – confirmation de sa présence en Suisse (Coleoptera: Curculionidae). Entomo Helvetica, 13, 2020, 155-158. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/44189>

Guyer A., Baur B., Grabenweger G. (2020). Drahtwürmer – Möglichkeiten der Regulierung. Agroscope. Merkblatt Nr. 118, 2020, 5 S. <https://link.ira.agroscope.ch/de-CH/publication/44673>

HAFI, Agroscope (2025). Projekt zur Thematik der ungenügenden Backqualität bei Verarbeitungskartoffeln – Erkenntnisse des ersten Projektjahres. <https://www.strickhof.ch/publikationen/ungenuegende-backqualitaet-bei-verarbeitungskartoffeln-1-zwischenbericht/>

Häni F. J., Popow G., Reinhard H., Schwarz A. Voegeli U. (2022). Pflanzenschutz im nachhaltigen Ackerbau. Edition LMZ, 10. Auflage.

ITB (2022). Le charançon de la betterave : un ravageur sous pression. <https://www.itbfr.org/tous-les-articles/article/news/le-charancon-de-la-betterave-un-ravageur-sous-pression>

ITB (2024). La phacélie, espèce hôte des virus de la jaunisse. <https://www.itbfr.org/tous-les-articles/article/news/la-phacelie-espece-hote-des-virus-de-la-jaunisse>

Jonasson T., Olsson K. (1994). The influence of glycoalkaloids, chlorogenic acid and sugars on the susceptibility of potato tubers to wireworm. Potato Research 37, 205-216. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02360510>

Jossi W., Schweizer C., Keller S. (2008). Schnellkäferarten und biologische Bekämpfung der Drahtwürmer. Agrarforschung 15 (2): 76-81, 2008. <https://www.agrarforschungschweiz.ch/2008/02/schnellkaeferarten-und-biologische-bekaempfung-der-drahtwuermer/>

Jossi W., Humphrys C., Dorn B., Hiltbrunner J. (2014). Bekämpfung des Rapsglanzkäfers mit dem Naturstoff Surround. Agrarforschung Schweiz 5 (3): 80–87, 2014. <https://www.agrarforschungschweiz.ch/2014/03/bekaempfung-des-rapsglanzkaefers-mit-dem-naturstoff-surround/>

Keiser A., Jungo B., Bertschi C., Jenni S. (2016). Herbizidreduktion durch eine kombinierte mechanisch – chemische Unkrautbekämpfung in Zuckerrüben. Schlussbericht. https://www.bfh.ch/dam/jcr:21768160-65b0-400b-9fa5-f04e6eed9779/Schlussbericht_Projekt_Herbizidreduktion_in_Zuckerrueben.pdf

Keller M., Haberey P., Hodel D., Total R., Heitkämper K., Bravin E., Glück S., Collet L., Wyss S., Steiner R., Möri H., Wyssa T., Anken T., Duckert F., Matter R. (2023). Ressourcenschonender, nachhaltiger Pflanzenschutz im Gemüsebau durch kameragesteuerte Pflanzenschutzroboter (2017–2021): Abschlussbericht. Agroscope Science, 151, 2023, 1-41. <https://doi.org/10.34776/as151g>

Koller M., Lichtenhahn M., Six R. (2007). FiBL-Merkblatt "Biologischer Anbau von Zwiebeln". FiBL-Merkblatt Nr. 1436. <https://www.fibl.org/de/shop/1436-zwiebeln>

Kümin M., Oeschger F., Bearth A., Reinhardt D., Romeis J., Soyk S., Studer B. (2023). Neue Züchtungstechnologien: Anwendungsbeispiele aus der Pflanzenforschung. Swiss Academies Communications 18 (2) <https://ira.agroscope.ch/en-US/publication/53073>

LfL (2023). LfL-Newsletter: Zuckerrüben in Not: "SBR" und Stolbur in Bayern auf dem Vormarsch. November 2023. <https://www.lfl.bayern.de/ips/blattfruechte/339679/index.php>

- Lichtenhahn M., Koller M., Dierauer H., Baumann D. (2002). FiBL-Merkblatt "Biogemüsebau: Unkrautregulierung – termingerecht und schlagkräftig". FiBL-Merkblatt Nr. 1027 <https://www.fibl.org/de/shop/1027-gemuese-unkraut>
- Lorenzo F., Stefano B., Isadora B., Valentina C., Fausto G., Bruno P. (2025). Integrated Pest Management of Wireworms in Potatoes: Use of Tolerant Varieties to Implement Damage Prevention. *Insects* 16, 4. <https://www.mdpi.com/2075-4450/16/1/4>
- Luka H., Koller M. (2019). FiBL-Merkblatt "Schädlingsregulierung im Biokopfkohlanbau – Nützlinge fördern, Schädlinge reduzieren". FiBL-Merkblatt Ausgabe Schweiz Nr. 2500. <https://www.fibl.org/de/shop/2500-schaedlingsregulierung-kohl>
- Luka H., Knecht M., Whiting L., Studer M., Luka-Stan A., Forlin L., Cahenzli F. (2021). Blühstreifen und Ackerbegleitflora fördern Nützlinge. *Agrarforschung Schweiz*, 12, 2021, 90-96. <https://doi.org/10.34776/afs12-90>
- Lutz M. (2024). Antagonisten für gesündere Karotten: Einsatz von Antagonisten im Gemüsebau. *Der Gemüsebau*, 2, 2024, 30. <https://link.ira.agroscope.ch/de-CH/publication/56316>
- Mack G., Finger R., Ammann J., El Benni N. (2023) Modelling policies towards pesticide-free agricultural production systems. *Agricultural Systems* 207 (2023) 103642. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2023.103642>
- Magnin L., Hiltbold I., Jullien A., Baux A. (2025). Intercropping mitigates incidence of the oilseed rape insect pest complex. *Pest Management Science* 2025. <https://www.agrarforschungschweiz.ch/2025/08/mischkulturen-zur-schaedlingsbekaempfung-im-rapsanbau/>
- Marti A., Keiser A., Häberli M. (2024). Projekt «Nachhaltiger Rapsanbau» Schlussbericht 2024. Bericht der HAFL (unveröffentlicht)
- Masson S., Chauvel B., Carlen C., Wirth J. (2021). Neue Entscheidungshilfen für eine nachhaltige Unkrautbekämpfung. *Agrarforschung Schweiz*, 12, 2021, 78-89. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/46464>
- Neuweiler R., Bauermeister R., Total R. (2003). Biologisch abbaubare Folien in der Lauchkultur. *Maraîcher (Le) - Der Gemüsebau*, 2003, 15-15. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/3609>
- Neuweiler R., Heller W.E., Krauss J. (2009). Bekämpfung der Kohlhernie durch gezielte Düngungsmassnahmen. *Agrarforschung* 16 (9): 360-365, 2009. <https://www.agrarforschungschweiz.ch/2009/09/bekaempfung-der-kohlhernie-durch-gezielte-duengungsmassnahmen/>
- Neuweiler R., Jossi W. (2013). Merkblatt: «Strategien gegen die Kohlhernie im Anbau von Kohlgewächsen». Agroscope, Wädenswil. September, 2013. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/32442>
- Peter M. (2023). Züchterfolge für die Zukunft des Zuckers. *UFA-Revue*, publiziert am 8. August 2023. <https://www.ufarevue.ch/pflanzenbau/zuechterfolge-fuer-die-zukunft-des-zuckers>
- Peter M. (2025a). Fruchtfolge schlägt Zikade. *UFA-Revue*, publiziert am 6. März 2025. <https://www.ufarevue.ch/pflanzenbau/fruchtfolge-schlaegt-zikade>
- Peter M. (2025b). Vortrag an der 12. Nationalen Ackerbautagung in Biel: Zuckerrübensortenprüfung: gestern, heute, morgen. <https://www.pag-ch.ch/de/translate-to-german-manifestations/translate-to-german-journees-nationales-pag>
- Ritzel C., von Ow A. (2023). Ernährungssicherheit der Schweiz 2023: Aktuelle Ereignisse und Entwicklungen. *Agroscope Science*, 167, 2023. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/54121>
- Ruchti K., Studer C. (2015). Zielkonflikte zwischen Biodiversitätsförderung und Pflanzenschutz. *Agrarforschung Schweiz* 6 (4): 174–177, 2015. <https://www.agrarforschungschweiz.ch/2015/04/zielkonflikte-zwischen-biodiversitaetsfoerderung-und-pflanzenschutz/>
- Rüesch A. (2021). Vergleichsversuche Kartoffeln ohne Herbizide. <https://www.strickhof.ch/publikationen/vergleichsversuche-kartoffeln-ohne-herbizide/>

- Säle V., Korkaric M., Neuweiler R., de Baan L. (2022). Punktesystem für den Pflanzenschutz im Gemüsebau: Reduktion des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln und deren Risiken durch flexible Anreizsysteme. *Agroscope Science*, 139, 2022, 1-73. <https://doi.org/10.34776/as139g>
- Säle V., Neuweiler R. (2022). Vorbeugende und nicht-chemische Pflanzenschutzmassnahmen für Freilandgemüse. *Agroscope Transfer*, 450, 2022, 1-24. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/50382>
- Sauer C., Eder R. (2007). Merkblatt: Thripse an Zwiebeln (Thrips tabaci, u.a.). <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/2232>
- Sauer-Kesper C., Lucia N., Buser H., Vogler U. (2008). Bedeutung und Verbreitung des neuen Biotyps Nr:1 der Grünen Salatlaus in der Deutschschweiz. *Agrarforschung Schweiz* 2 (10): 462–469, 2011 <https://www.agrarforschungschweiz.ch/2011/10/bedeutung-und-verbreitung-des-neuen-biotyps-nr1-der-gruenen-salatlaus-in-der-deutschschweiz/>
- Sauer C., Guyer A. (2020). Merkblatt «Die Weisse Fliege (Aleyrodes proletella) an Kohl.». *Agroscope, Wädenswil. Merkblatt Nr. 123*, 2020. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/44666>
- Sauer C., Baur B., Lutz M. (2020). Pilzkrankheiten an Salaten Teil 1: Bodenbürtige Krankheiten und Salatfäulen. *Agroscope Transfer*, 326, 2020. <https://doi.org/10.34776/at326g>
- Schaerer S., Bussereau F., Breitenmoser S., Sostizzo T., Bünter M., Cornamusaz B. (2019). Syndrome Basses Richesses – SBR: Candidatus *Arsenophonus* phytopathogenicus, Candidatus *Phytoplasma solani*, *Pentastiridium leporinus*. *Agroscope, Changins und Wädenswil. Merkblatt Nr. 97*, August, 2019, 2 S. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/41160>
- Schäfer-Kösterke H., Ulber B. (2014). Anfälligkeit von Raps -Resynthesen und -Sorten auf den Rapsstängelrüssler (*Ceutorhynchus napi* Gyll.) Befall – potentielle Resistenzfaktoren. 59. Deutsche Pflanzenschutztagung : September 2014, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Kurzfassungen der Beiträge (2014), S. 357-358. https://www.openagrar.de/receive/openagrar_mods_00080517
- Schmon R., Sauer C., Vogler U. (2018). Die Kleine Kohlflye (*Delia radicum*): Biologie und Bekämpfungsmöglichkeiten. Hrsg. *Agroscope, Wädenswil. Merkblatt Nr. 91*, 2018, 5 S. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/38929>
- Schneider L., Comte V., Rebetez M. (2021). Increasingly favourable winter temperature conditions for major crop and forest insect pest species in Switzerland. *Agricultural and Forest Meteorology*, 298-299, 108315 (7 pp.). <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.108315>
- Schneider L., Comte V., Rebetez M. (2023). Temperatures during the development season are increasingly favourable for polyvoltine pest species in Switzerland. *Agricultural and Forest Meteorology*, 338, 109503 (7 pp.). <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109503>
- Schneider R., Michels O., Ramseier H., Mascher F. (2024). Rapsanbau ohne Pyrethroide. Zollikofen, März 2024 (nicht publizierter Abschlussbericht der HAFL)
- Schwarz A., Etter J., Künzler R., Potter C., Rauchenstein H. R. (1990). Pflanzenschutz im Integrierten Gemüsebau. *Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale*, 1. Auflage
- Schwärzel R., De Vrieze M., Torche J.-M., de Werra P., Musa T., Dupuis B (2024). Schweizer Sortenliste für Kartoffeln 2025. *Agroscope Transfer | Nr. 560 / November 2024* <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/58032>
- Schweizer Bauer (2025). Sie setzt auf innovative Saatgutbehandlung. Artikel im Schweizer Bauer vom 25. Oktober 2025. <https://www.schweizerbauer.ch/artikel/pflanzen/forschung/sie-setzt-auf-innovative-saatgutbehandlung>
- SFZ (2025). Internetseite der Schweizerischen Fachstelle für Zuckerrübenbau > Beratung > Rübenerdfloh. Abgerufen am 29. August 2025 <https://www.zuckerruebe.ch/schaedlinge/ruebenerdfloh/>
- SGP, Schweizerische Gesellschaft für Phytomedizin (1986). Analyse der phytomedizinischen Situation in der Schweiz 1986. *Schweizerische Landwirtsch. Forsch.* 25

- Sinaj S., Charles R., Baux A., Dupuis B., Hiltbrunner J., Levy Häner L., Pellet D., Blanchet G., Jeangros B. (2017) 8/ Düngung von Ackerkulturen: Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz (GRUD). Agrarforschung Schweiz, 8, (6), 2017, Spezialpublikation, 1-46.
- Stefan L., Strebel S., Camp K.-H., Christinat S., Fossati D., Städeli C., Levy Häner L. (2025). Sortenmischungen im Weizenanbau: vielversprechend in Bezug auf Ertrag, Qualität und Stabilität. Agrarforschung Schweiz. <https://www.agrarforschungschweiz.ch/2025/02/sortenmischungen-im-weizenanbau-vielversprechend-in-bezug-auf-ertrag-qualitaet-und-stabilitaet/>
- Strickhof (2020). Untersaat: Beiträge kompensieren Minderertrag. Strickhof 6. November 2020. <https://www.strickhof.ch/publikationen/untersaat-beitraege-kompensieren-minderertrag/>
- Stöckli S., Bättig D., Albrecht M., Herzog F., Jacot K. (2024). Biodiversitätsförderflächen im Ackerland: Wirkungen auf Biodiversität und Ökosystemleistungen. Agrarforschung Schweiz, 15, 223–236. <https://doi.org/10.34776/afs15-223>
- Storelli A., Keiser A. (2022). Regionale Fruchtfolge gegen Syndrome Basses Richesses (SBR) in Zuckerrüben: Zwischenbericht des Projekts im Chablais. Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften. https://www.bfh.ch/dam/jcr:ebf090f1-d61b-44cb-8a50-469734cbf27a/zwischenbericht_SBR-extern-de.pdf
- Studer A., Näpflin L., Jeanneret P., Jacot K. (2025). Enhancing natural enemies in sugar beet fields: The impact of flower strip types and landscape elements. Biological Control 210 (2025) 105879. <https://www.agrarforschungschweiz.ch/2025/11/auswirkung-von-nuetzlingsstreifen-auf-blattlausraeuber-im-zuckerruebenanbau/>
- Stutz C. J., Huguenin-Elie O., Gago R., Suter M., Hebeisen H., Lüscher A. (2016) Können Schermäuse mit Mäusezäunen reguliert werden? Agrarforschung Schweiz 7 (9): 396–403, 2016 <https://www.agrarforschungschweiz.ch/2016/09/koennen-schermaeuse-mit-maeusezaeunen-reguliert-werden/>
- Swiss granum (2022). Handlungsempfehlungen zur Minimierung von Mutterkorn und Ergotalkaloiden in Getreide. 14. Februar 2022. <https://www.swissgranum.ch/qualitaet/toxine>
- Swiss granum (2024): Medienmitteilung: Schwache Leistung der Winterweizensorten in den swiss granum-Versuchen 2023 / 2024. Publiziert am 29. August 2024. https://www.swissgranum.ch/stories/schwache-leistung-der-winterweizensorten-in-den-swiss-granumversuchen-2023/-2024?tx_pandastory_articlelist%5BcurrentPage%5D=2&cHash=3c50abc5583f0605425982e2b796d853
- Swisspatat (2022). Qualitätsmerkblatt Drahtwürmer. <https://www.kartoffel.ch/de/shop/professionelles-zubehor/merkblatt-drahtwuermer.html>
- Tschumi M., Albrecht M., Entling M.H., Jacot K. (2015). High effectiveness of tailored flower strips in reducing pests and crop plant damage. Proc. R. Soc. B 282: 20151369. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2015.1369>
- Tschumi M., Albrecht M., Collatz J., Dubsky V., Entling M.H., Najar-Rodrigue A. J., Jacot K. (2016a). Tailored flower strips promote natural enemy biodiversity and pest control in potato crops. Journal of Applied Ecology 2016, p. 1169-1176. <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1365-2664.12653>
- Tschumi M., Albrecht M., Dubsky V., Herzog F., Jacot K. (2016b). Nützlingsblühstreifen für den Ackerbau reduzieren Schädlinge in Kulturen. Agrarforschung Schweiz 7 (6): 260–267 <https://ira.agroscope.ch/en-US/publication/35952>
- UFA-Revue (2022). Dem Mehltau an den Kragen. Publiziert am 21. November 2022. <https://www.ufarevue.ch/landtechnik/dem-mehltau-an-den-kragen>
- Versuchsstation Gemüsebau (2025). Übersicht über die Versuche 2024/2023 Versuchsstation Gemüsebau Ins, Projekt 08 / 2022 BFF in Gemüsebaufruchtfolgen. <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/ueber-uns/standortstrategie/versuchsstationen/versuchsstation-gemuese.html>
- Visse-Mansiaux M., Tallant M., Curty F., Schwärzel R., Brostaux Y., Dupuis B. (2020). Lagerung von Kartoffelsorten für die industrielle Verarbeitung ohne CIPC. Recherche Agronomique Suisse 11: 175–187, 2020. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/47878>

- Vogel S., Blättler T., Lemola J., Häberli M., Grenz J., Keiser A. (2024). Projekt «nachhaltige Kartoffelwirtschaft» 2021-2023, Schlussbericht 2024. HAFL, 31. August 2024.
https://www.kartoffel.ch/Resources/Persistent/2c147683bf10d4d60915bd215eb023638a60501a/Schlussbericht_NAKAWI_def.pdf
- Wegener J. K. (2021). Entwicklungen im Bereich der Anwendungstechnik im Pflanzenschutz gestern, heute und morgen. *Journal für Kulturpflanzen*, 73 (7-8). S. 276–283, 2021. <https://doi.org/10.5073/JfK.2021.07-08.12>
- Wirth J., Wassef J., Delavallade A., Cadot S., Masson S., Jeanneret P. (2024). La flore adventice du blé, de l'orge et du colza avec un usage réduit d'herbicides. *Recherche Agronomique Suisse*, 15, 330–341.
<https://doi.org/10.34776/afs15-330>
- Witsoe J., Total R., Haberey P., Heitkämper K., Bravin E., Möri H., Steffen P., Wyssa T., Anken T., Matter R., Keller M. (2024). Nachhaltiger Pflanzenschutz im Gemüsebau durch Spotspraying-Technik (2021-2023). *Agroscience*, 186, 2024, 1-39. <https://doi.org/10.34776/as186g>
- Wuest S.E., Peter R., Niklaus P.A. (2021): Sortenmischungen für mehr Ertrag und Robustheit, *AgrarForschungSchweiz*, Originalartikel erschienen in *Nature Ecology & Evolution* 5, 1068–1077, 2021.
<https://www.agrarforschungschweiz.ch/2021/08/sortenmischungen-fuer-mehr-ertrag-und-robustheit/>
- Wuyts N., Baux A., Bragazza L., Calanca P., Chalhoub P. B., Dupuis B., Herrera J. M., Hiltbrunner J., Levy Häner L., Pellet D., Toschini T., Carlen C. (2023). Klimaresilienter Ackerbau 2035. *Agroscience*, 177, 2023.
<https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/55258>
- Zorn A., Bütler A., Mathys P. (2023). Wirtschaftlichkeit des Verzichts auf Pflanzenschutzmittel bei Weizen und Raps: Ergebnisse der ersten zwei Erntejahre aus dem Projekt PestiRed. *Agroscience*, 169, 2023, 1-31.
<https://doi.org/10.34776/as169g>

7 **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1 Die Pyramide des integrierten Pflanzenschutzes.....9

8 **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1 Zusammenfassung der präventiven und nicht-chemischen Pflanzenschutzmassnahmen gegen Unkräuter17

Tabelle 2 Zusammenfassung der präventiven und nicht-chemischen Pflanzenschutzmassnahmen gegen Krankheiten21

Tabelle 3 Zusammenfassung der präventiven und nicht-chemischen Pflanzenschutzmassnahmen gegen Schädlinge in Raps24

Tabelle 4 Zusammenfassung der präventiven und nicht-chemischen Pflanzenschutzmassnahmen gegen Schädlinge in Zuckerrüben26

Tabelle 5 Zusammenfassung der präventiven und nicht-chemischen Pflanzenschutzmassnahmen gegen Schädlinge in Kartoffeln28

Tabelle 6 Zusammenfassung der präventiven und nicht-chemischen Pflanzenschutzmassnahmen gegen Schädlinge im Gemüsebau31

Tabelle 7 Zusammenfassung der präventiven und nicht-chemischen Pflanzenschutzmassnahmen gegen Schnecken, Vögel und Mäuse32