



## **M-Check 2.0: «Umweltverträglicher Pflanzenschutz»**

**Methode zur Abschätzung des  
Ökotoxizitätspotenzials pflanzlicher Nahrungsmittel  
im Kontext einer Sternenbewertung gemäss dem  
Konzept M-Check 2.0**

### **Autorinnen und Autoren**

Cédric Furrer, Laura Iten, Thomas Nemecek, Gérard Gaillard

### **Partner**

Migros Genossenschaftsbund



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF  
**Agroscope**

## Impressum

Herausgeber	Agroscope Reckenholzstrasse 191 8046 Zürich <a href="http://www.agroscope.ch">www.agroscope.ch</a>
Auskünfte	Cédric Furrer, <a href="mailto:cedric.furrer@agroscope.admin.ch">cedric.furrer@agroscope.admin.ch</a>
Redaktion	Laura Iten
Titelbild	Migros Genossenschaftsbund
Download	<a href="http://www.agroscope.ch/science">www.agroscope.ch/science</a>
Copyright	© Agroscope 2022
ISSN	2296-729X
DOI	<a href="https://doi.org/10.34776/as144g">https://doi.org/10.34776/as144g</a>

### 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

<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>4</b>
<b>Résumé</b> .....	<b>6</b>
<b>Glossar</b> .....	<b>9</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>11</b>
1.1 Hintergrund .....	11
1.2 Auftrag .....	11
<b>2 Methode</b> .....	<b>14</b>
2.1 Methodischer Ansatz .....	14
2.1.1 Charakterisierungsfaktoren und Proxys .....	15
2.1.2 Identifikation des PSM-Einsatzes in Produktionsrichtlinien der Standard-/Labelssysteme .....	17
2.2 Datenrecherche .....	19
2.2.1 Pflanzenschutzmittelverzeichnis verschiedener Länder .....	19
2.2.2 Produktionsrichtlinien von Standard-/Labelsystemen .....	21
2.3 Datenvorbereitung .....	22
2.4 Berechnung des Ökotoxizitätspotenzials .....	23
2.5 Datenaggregation .....	23
2.6 Umwandlung der finalen Ökotoxizitätspotenziale in ein Sterneranking .....	25
2.7 Plausibilisierung der «Methode M-Check PSM» .....	27
2.7.1 AUI-Daten .....	27
2.7.2 Vorbereitung der AUI-Daten .....	27
2.7.3 Ebenen der Plausibilisierung .....	28
<b>3 Resultate</b> .....	<b>29</b>
3.1 Voranalyse .....	29
3.2 Hauptanalyse .....	34
3.3 Plausibilisierung der Sternenresultate .....	35
<b>4 Diskussion</b> .....	<b>41</b>
4.1 Einflussfaktoren .....	41
4.1.1 Einflussfaktoren auf die Berechnung der Ökotoxizitätspotenziale .....	41
4.1.2 Einflussfaktoren auf das Sternensystem .....	42
4.2 Grenzen bei der Plausibilisierung .....	43
4.3 Limitierungen der «Methode USEtox» und der «Methode M-Check PSM» .....	43
4.4 Ausweitung der «Methode M-Check PSM» auf das Sortiment der Migros .....	48
<b>5 Schlussfolgerungen</b> .....	<b>50</b>
<b>6 Literaturverzeichnis</b> .....	<b>52</b>
<b>7 Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>54</b>
<b>8 Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>55</b>
<b>9 Anhang</b> .....	<b>56</b>
9.1 Proxies .....	56
9.2 Hilfstabellen .....	59
9.3 Datenvorbereitung .....	61
9.3.1 Struktur der PSMV .....	61
9.3.2 Aufbereiten der PSMV .....	61

## Zusammenfassung

Der Migros-Genossenschaftsbund (MGB) möchte seinen Kunden mit dem M-Check «umweltverträglicher Pflanzenschutz» (M-Check PSM) über die Umweltwirkungen ihres Sortiments an pflanzlichen Produkten informieren, die sich aus dem Pflanzenschutzmittel-Einsatz (PSM-Einsatz) bei der Produktion ergeben. Der MGB hat Agroscope dafür beauftragt, eine Methode («Methode M-Check PSM») auszuarbeiten, mit der basierend auf einer einfach verfügbaren Datenlage das Ökotoxizitätspotenzial von mit PSM behandelten Kulturen abgeschätzt und daraus eine Sternbewertung gemäss dem Konzept M-Check abgeleitet werden kann. Die Wissenschaftlichkeit und die Machbarkeit der auszuarbeitenden Methode waren anhand sieben ausgewählter Nahrungsmittel (Apfel, Banane, Karotte, Kartoffel, Raps, Weizen und Zuckerrübe) aus drei ausgewählten Ländern (Schweiz, Frankreich und Costa Rica) auf die vorgegebenen Rahmenbedingungen zu prüfen.

Die ausgearbeitete «Methode M-Check PSM» besteht aus zwei Schritten:

- Die Ermittlung der Ökotoxizitätspotentiale der mit PSM behandelten Nahrungsmittel auf Stufe Kultur/Land/Produktions- bzw. Standard-/Labelsystem
- Das Aufzeigen verschiedener Varianten zur Übersetzung der Ökotoxizitätspotentiale in ein Sternensystem.

Die erarbeitete «Methode M-Check PSM» stützt sich auf die «Methode USEtox» mit dem Indikator für die Süsswasser-Ökotoxizität. Diese wird sowohl von der «UN Life Cycle Initiative» als auch von der EU für die Deklaration des «Product Environmental Footprint» (PEF) als Standard empfohlen und wird regelmässig weiterentwickelt und aktualisiert. Die Bewertung mit der «Methode USEtox» integriert Informationen zum Verbleib und zur Exposition, um die potenzielle Toxizität von persistenten wasserlöslichen Chemikalien zu bewerten. Dabei wird die erwartete Wirkung auf die aquatischen Organismen abgeschätzt, aber keine Risikobewertung durchgeführt.

Zur Abschätzung des Ökotoxizitätspotenzials eines Nahrungsmittels stehen Daten des Verzeichnisses der gesetzlich zugelassenen PSM-Produkte (PSMV), der Herkunft des Nahrungsmittels sowie der Produktionsrichtlinien der verschiedenen untersuchten Produktions- bzw. Standard-/Labelsysteme zur Verfügung. Die «Methode M-Check PSM» schliesst basierend auf den Produktionsrichtlinien verschiedener Produktions- bzw. Standard-/Labelsysteme systematisch Wirkstoffe in die Berechnung der Ökotoxizitätspotentiale mit ein respektive aus, je nachdem ob diese gemäss den zutreffenden Pflanzenschutzverzeichnissen und/oder Produktionsrichtlinien verwendet werden dürfen oder nicht.

Zur Berechnung des Ökotoxizitätspotenzials eines Nahrungsmittels stehen verschiedene Optionen zur Verfügung, die sich aufgrund der benötigten Daten voneinander unterscheiden und unter anderem die Aufwandmenge oder die Anzahl der Anwendungen eines Wirkstoffs mitberücksichtigen. Die Anwendbarkeit der Berechnungsoptionen ist dabei abhängig von den zur Verfügung stehenden Daten, in diesem Fall den Daten aus den PSMV der jeweiligen Länder und PSM-Produkte. Eine Bewertung der Kulturen mit allen zugelassenen PSM-Produkten aus den verschiedenen PSMV würde zu einer Überschätzung des Ökotoxizitätspotentials führen und wäre für den Vergleich zwischen Kulturen nicht korrekt, weil in der Praxis kaum je alle zugelassenen Wirkstoffe zur Anwendung kommen. Aus diesem Grund werden verschiedene Möglichkeiten untersucht, um im PSMV vorhandene PSM-Produkte und/oder Wirkstoffe zu selektieren.

Ein Landwirt wird zur Bekämpfung eines Unkrauts beispielsweise nicht alle im PSMV vorhandenen PSM-Produkte mit dem Wirkstoff «Glyphosat» einsetzen, sondern sich auf eine Auswahl daraus stützen. Es wäre nicht korrekt, das Ökotoxizitätspotenzial aller glyphosathaltigen Produkte zu berücksichtigen. Um dieses Problem zu umgehen, wurde die Möglichkeit untersucht, der Wirkstoff «Glyphosat» nur einmal anstelle von mehrmals anzurechnen, auch wenn mehrere PSM-Produkte existieren. In diesem Fall werden die Ökotoxizitäten aller glyphosathaltigen PSM-Produkte zusammengefasst (z.B. mit dem Median oder dem Mittelwert).

Die Ökotoxizitätspotentiale werden anschliessend in ein Sternensystem übertragen. Bezüglich der Ausgestaltung des Sternensystems wurde mit dem MGB festgelegt, dass sich die «Methode M-Check PSM» am bestehenden M-Check Konzept orientiert. Sterne werden demzufolge innerhalb des gesamten Sortiments, d.h. aller pflanzlichen Nahrungsmittel, verteilt. Die Verteilung erfolgt basierend auf den berechneten Ökotoxizitätspotenzialen, welche in Gruppen mit fixen Perzentilen eingeteilt werden. Mehrere Optionen eines Sternensystems wurden analysiert. Aus naturwissenschaftlicher Sicht gibt es keine Gründe für oder gegen die Wahl eines bestimmten Sternensystems.

Die Plausibilisierung der «Methode M-Check PSM» beruht auf dem Vergleich der berechneten Ökotoxizitätspotenziale für Kulturen in der Schweiz ausgehend von reellen Daten zur Anwendung von PSM in bestimmten Kulturen der zentralen Auswertung von Agrarumweltindikatoren (AUI) und gemäss der hier entwickelten «Methode M-Check PSM».

Basierend auf den Resultaten sowie den Erfahrungen und Erkenntnissen während des Pilotprojekts lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- Die entwickelte «Methode M-Check PSM» zur Bewertung des Ökotoxizitätspotenzials und der Ableitung der Sternbewertung liefert für die untersuchten Nahrungsmittel-Produktions/Standard-/Labelsystem-Herkunftsland-Kombinationen plausible Resultate und ist mit vernünftigem Aufwand einsetzbar.
- Die «Methode M-Check PSM» reagiert auf Änderungen der Anzahl bzw. der Auswahl bewerteter Wirkstoffe und vor allem deren Charakterisierungsfaktoren (Faktor, der das Ökotoxizitätspotenzial schädlicher PSM-Wirkstoffe charakterisiert) sowohl auf Stufe Ökotoxizitätspotenzial als auch auf Stufe Sternensystem.
- Sie erweist sich für die zur Verfügung stehende Datengrundlage aus den PSMV und/oder den Produktions- und Labelrichtlinien als umsetzbar.
- Aus verschiedenen Möglichkeiten zur Sternbewertung ist eine Bewertung mit festgelegten Perzentilen aus Gründen der Konsistenz mit dem bereits vorhandenen System im M-Check Klima sinnvoll.

Die «Methode M-Check PSM» soll auf alle pflanzlichen Nahrungsmittel angewandt werden können und auf dem MGB zur Verfügung stehenden Daten basieren, d.h. den Informationen aus den Produktionsrichtlinien sowie den PSMV-Daten. Sie weist bedingt durch die gegebenen **Rahmenbedingungen** sowie den **Datenverfügbarkeiten** folgende Limitierungen auf:

- Da keine betriebsindividuellen, erhobenen PSM-Daten verfügbar sind, können u.a. folgende Aspekte nicht abgebildet werden: die Wahl von robusten Sorten, spezifische Züchtungsprogramme, Erträge, Standortparameter, vorbeugende und nicht-chemische Pflanzenschutzmassnahmen, technologische Entwicklungen im Bereich der Applikationstechnik, ein freiwilliger Ersatz von PSM mit besonderem Risikopotenzial oder Massnahmen zur Minderung der Emission von PSM in die Umwelt (wie z.B. Pufferstreifen oder Driftminderung).
- Notfallzulassungen können nicht berücksichtigt werden, da die benötigten Daten dazu nicht im PSMV vorhanden sind.

Daneben ist die «Methode M-Check PSM» durch **methodische Einschränkungen** der «Methode USEtox» bzw. durch die Rahmenbedingungen in folgenden Aspekten limitiert:

- Die Methode M-Check PSM bewertet ausschliesslich das Süsswasser-Ökotoxizitätspotenzial für aquatische Organismen. Die terrestrische und marine Ökotoxizität sind nicht Teil der «Methode M-Check PSM», da die verfügbaren entsprechenden Methoden von internationalen Gremien für den Kontext der Umweltproduktinformation derzeit nicht empfohlen werden.
- Die Auswirkungen von PSM auf die menschliche Gesundheit sowie PSM-Rückstände auf den Nahrungsmitteln sind nicht Zweck des M-Check PSM, da ausschliesslich die Wirkungen auf die Umwelt betrachtet werden.
- Eine Unter- oder Überschätzung der Ökotoxizitätswerte im Vergleich zur Realität ist möglich, da die Abschätzung definitionsgemäss einem Potential und nicht der tatsächlich gemessenen Ökotoxizität entspricht.

Der gewählte und verwendete Ansatz für die erarbeitete Bewertungsmethode («Methode M-Check PSM») erlaubt es, zukünftig weitere Parameter in die Bewertung aufzunehmen, sofern die Daten dafür verfügbar sind (z.B. Weiterentwicklungen in der Züchtungsforschung oder der PSM-Reduktion, oder einfache Verfügbarkeit der Informationen zu Notfallzulassungen).

Die erarbeitete «Methode M-Check PSM» wurde basierend auf einer eher kleinen Stichprobe von Nahrungsmitteln entwickelt und plausibilisiert. Um deren Robustheit sicherzustellen, ist es sinnvoll, sie bei der Einführungsphase auf eine grössere Auswahl an Nahrungsmitteln auszuweiten und erneut zu plausibilisieren. Die Ausweitung der Sternbewertung auf das gesamte Sortiment der Migros ist zeitaufwändig und herausfordernd. Aspekte wie die Verfügbarkeit von Informationen aus den PSMV, die Integration neuer PSMV-Daten in die Berechnungen sowie die Bewertung zusammengesetzter Nahrungsmittel sind einige der Punkte, die mit diesem Pilotprojekt nicht abschliessend geklärt sind.

## Résumé

### M-Check 2.0: «Protection phytosanitaire respectueuse de l'environnement»

#### Méthode d'évaluation du potentiel d'écotoxicité d'aliments d'origine végétale basée sur une échelle de plusieurs étoiles selon le concept M-Check 2.0

Grâce au M-Check «Protection phytosanitaire respectueuse de l'environnement», la Fédération des coopératives Migros (FCM) souhaite informer ses clients de l'impact environnemental de sa gamme de produits végétaux en lien avec l'utilisation des produits phytosanitaires (utilisation de PPh). Pour ce faire, la FCM a chargé Agroscope d'élaborer une méthode («Méthode M-Check PPh») permettant d'estimer, sur la base de données facilement disponibles, le potentiel d'écotoxicité des cultures traitées avec des PPh, de manière à permettre une évaluation sur une échelle de plusieurs étoiles selon le concept M-Check. Il s'agissait d'étudier le caractère scientifique et les possibilités d'application de la future méthode à partir de sept denrées alimentaires sélectionnées (pomme, banane, carotte, pomme de terre, colza, blé et betterave sucrière) issues de trois pays différents (Suisse, France et Costa Rica) sur la base de conditions-cadre données.

La «méthode M-Check PPh» se compose de deux étapes:

- déterminer les potentiels d'écotoxicité des aliments traités avec des PPh au niveau de la culture/du pays/du système de production ou du système de certification,
- présenter différentes variantes pour transposer les potentiels d'écotoxicité dans un système d'évaluation reposant une échelle de plusieurs étoiles.

La «méthode M-Check PPh» s'appuie sur la «méthode USEtox» avec l'indicateur d'écotoxicité de l'eau douce. Celle-ci est recommandée comme norme par l'initiative «UN Life Cycle Initiative» ainsi que par l'UE pour la déclaration de «l'empreinte environnementale des produits» (PEF) et est régulièrement développée et actualisée. L'évaluation avec la «méthode USEtox» intègre des informations sur la rémanence et l'exposition afin d'évaluer la toxicité potentielle des produits chimiques persistants solubles dans l'eau. Elle évalue l'effet attendu sur les organismes aquatiques, mais ne procède pas à une évaluation des risques.

L'estimation du potentiel d'écotoxicité d'un aliment repose sur des données de l'index des produits PPh autorisés, l'origine de l'aliment ainsi que les directives de production des différents systèmes de production ou de certification étudiés. La «méthode M-Check PPh» inclut ou exclut systématiquement certaines substances actives dans le calcul du potentiel d'écotoxicité sur la base des directives des différents systèmes de production ou de certification, selon que leur utilisation est autorisée ou non d'après les listes de produits phytosanitaires et/ou les directives de production correspondantes.

Pour calculer le potentiel d'écotoxicité d'un produit alimentaire, il existe plusieurs options qui diffèrent les unes des autres en fonction des données nécessaires et qui tiennent compte, entre autres, de la quantité de substance active utilisée ou du nombre d'applications. Les possibilités d'utilisation des options de calcul dépendent des données disponibles, en l'occurrence les données issues de l'index des PPh des pays concernés et des PPh à proprement parler. Une évaluation des cultures avec tous les PPh autorisés selon les différents index des PPh conduirait à une surestimation du potentiel d'écotoxicité et ne serait pas correcte pour comparer les cultures, car dans la pratique, il est très rare que la totalité des substances actives autorisées soit utilisée. C'est pourquoi différentes possibilités sont étudiées pour sélectionner les PPh et/ou les substances actives figurant dans l'index des PPh.

Par exemple, pour lutter contre une mauvaise herbe, un agriculteur n'utilisera pas tous les PPh contenant la substance active «glyphosate» disponibles dans l'index des PPh, mais se basera sur une sélection de ces produits. Il ne serait pas correct de prendre en compte le potentiel d'écotoxicité de tous les produits contenant du glyphosate. Pour contourner ce problème, les scientifiques ont envisagé la possibilité de ne comptabiliser la substance active «glyphosate» qu'une seule fois au lieu de plusieurs, même s'il existe plusieurs PPh. Dans ce cas, les écotoxicités de tous les PPh contenant du glyphosate sont regroupées (en utilisant p. ex. la médiane ou la moyenne).

Les potentiels d'écotoxicité sont ensuite reportés dans un système d'évaluation à base d'étoiles. En ce qui concerne l'organisation du système d'évaluation, il a été convenu avec la FCM que la «méthode M-Check PPh» reprendrait le concept M-Check existant. Les étoiles sont donc attribuées à l'ensemble de la gamme, c'est-à-dire à toutes les

denrées alimentaires d'origine végétale. Les étoiles sont attribuées sur la base des potentiels d'écotoxicité calculés, qui sont répartis en groupes avec des percentiles fixes. Plusieurs options ont été analysées pour l'organisation du système d'évaluation. D'un point de vue scientifique, il n'y a pas de raisons pour ou contre le choix d'un système particulier d'évaluation basé sur des étoiles.

La plausibilité de la «méthode M-Check PPh» repose sur la comparaison des potentiels d'écotoxicité calculés pour les cultures en Suisse, à partir de données réelles sur l'utilisation de PPh dans certaines cultures du dépouillement centralisé des indicateurs agro-environnementaux (IAE) et selon la «méthode M-Check PPh» développée ici.

Sur la base des résultats, des expériences et des connaissances acquises au cours du projet pilote, il est possible de tirer les conclusions suivantes:

- La «méthode M-Check PPh» développée pour évaluer le potentiel d'écotoxicité et en déduire un système d'évaluation basé sur des étoiles fournit des résultats plausibles pour les combinaisons denrées alimentaires / système de production / de certification / pays d'origine étudiées et peut être mise en pratique à un coût raisonnable.
- La «méthode M-Check PPh» réagit aux modifications du nombre ou de la sélection des substances actives évaluées et surtout de leurs facteurs de caractérisation (facteurs qui caractérisent le potentiel d'écotoxicité des substances actives nocives des PPh), tant au niveau du potentiel d'écotoxicité qu'au niveau du système d'évaluation basé sur des étoiles.
- Les directives de production et de certification.
- Parmi les différentes possibilités d'évaluation par étoiles, une évaluation avec des percentiles définis semble judicieuse pour des raisons de cohérence avec le système déjà utilisé dans le M-Check Climat.

La «méthode M-Check PPh» doit pouvoir être appliquée à toutes les denrées alimentaires d'origine végétale et se baser sur les données dont dispose la FCM, c'est-à-dire sur les informations issues des directives de production ainsi que les données de l'index des PPh. Elle présente les limites suivantes en raison des **conditions-cadre** imposées et de la **disponibilité des données**:

- Comme aucune donnée sur les PPh propre aux différentes exploitations n'est disponible, les aspects suivants ne peuvent notamment pas être représentés: le choix de variétés robustes, les programmes de sélection spécifiques, les rendements, les paramètres du site, les mesures phytosanitaires préventives et non chimiques, les développements technologiques dans le domaine des techniques d'application, un remplacement volontaire des PPh présentant un potentiel de risque particulier ou des mesures visant à réduire les émissions de PPh dans l'environnement (comme la mise en place de bandes tampons ou les mesures visant à réduire la dérive).
- Les autorisations d'urgence ne peuvent pas être prises en compte, car les données nécessaires à cet effet ne sont pas disponibles dans l'index des PPh.

En outre, la «méthode M-Check PPh» est limitée par les **restrictions méthodologiques** imposées par la «méthode USEtox» ou par les conditions-cadre en ce qui concerne les aspects suivants:

- La méthode M-Check PPh évalue uniquement le potentiel d'écotoxicité en eau douce pour les organismes aquatiques. L'écotoxicité terrestre et marine ne fait pas partie de la «méthode M-Check PPh», car les méthodes disponibles ne sont pas recommandées actuellement par les organismes internationaux dans le contexte de l'information environnementale sur les produits.
- Les effets des PPh sur la santé humaine ainsi que les résidus de PPh sur les aliments ne constituent pas l'objectif de la méthode M-Check PPh, qui prend uniquement en compte les effets sur l'environnement.
- Une sous-estimation ou une surestimation des valeurs d'écotoxicité par rapport à la réalité est possible, car l'estimation correspond par définition à un potentiel et non à l'écotoxicité effectivement mesurée.

L'approche choisie et utilisée pour la méthode d'évaluation élaborée («méthode M-Check PPh») permet d'inclure à l'avenir d'autres paramètres dans l'évaluation, pour autant que les données soient disponibles (p. ex. développements ultérieurs dans la recherche sur la sélection ou la réduction des PPh ou simple disponibilité des informations sur les autorisations d'urgence).

La «méthode M-Check PPh» mise au point a été développée et sa plausibilité vérifiée sur la base d'un échantillon plutôt réduit de denrées alimentaires. Afin de garantir sa fiabilité, il sera utile de l'étendre à un plus grand nombre de denrées alimentaires lors de la phase d'introduction et d'en vérifier à nouveau la plausibilité. L'extension de l'évaluation par un système d'étoiles à l'ensemble de la gamme des produits Migros prend du temps et reste complexe. Des aspects tels que la disponibilité des informations issues de l'index des PPh, l'intégration de nouvelles données de l'index des PPh dans les calculs ainsi que l'évaluation des aliments composés sont quelques-uns des points qui n'ont pas pu être clarifiés de manière définitive dans le cadre de ce projet pilote.



## Glossar

Aktiv-Liste	Liste, die beschreibt, welche Wirkstoffe in einem Standard-/Labelsystem verwendet werden dürfen.
Aufwandmenge	Beschreibt die maximal erlaubte Menge an PSM-Produkt, die bei einer Spritzung eingesetzt werden darf.
Biologische Produktion	Standard-/Labelsystem, welches eine Bewirtschaftung nach den Grundsätzen des biologischen Landbaus bezeichnet.
CAS	CAS steht für « <b>C</b> hemical <b>A</b> bstracts <b>S</b> ervice» und ist ein internationaler Standard zur Bezeichnung von chemischen Stoffen.
Charakterisierungsfaktor	Faktor, der das Ökotoxizitätspotenzial schädlicher PSM-Wirkstoffe charakterisiert. Er wird in der Einheit PAF («potentially affected fraction of species») m <sup>3</sup> Tag pro Kilogramm verwendetem Wirkstoff ausgewiesen.
Demeter	Standard-/Labelsystem, welches eine Bewirtschaftung gemäss den Grundsätzen der biodynamischen Landwirtschaft bezeichnet.
Emissionsanteil	Prozentualer Anteil der ausgebrachten Menge, welche in ein bestimmtes Kompartiment emittiert wird (in %).
Einfachanwendung	Ein PSM-Produkt wird einmalig (n = 1) zur Behandlung von Kulturen auf eine landwirtschaftlich genutzte Fläche ausgebracht.
“Farming_System”-Liste	Liste erlaubter Wirkstoffe, die gemäss Richtlinien eines Standard-/Labelsystems verwendet respektive nicht verwendet werden dürfen (basierend auf den Aktiv- und Passiv-Listen)
IP-Suisse	Schweizerische Vereinigung integriert produzierender Bauern und Bäuerinnen. Die Bewirtschaftung erfolgt gemäss den Grundsätzen der integrierten Landwirtschaft.
IUPAC	IUPAC steht für « <b>I</b> nternational <b>U</b> nion of <b>P</b> ure and <b>A</b> ppplied <b>C</b> hemistry» und ist ein universell erkennbarer Standard zur Beschreibung von chemischen Substanzen (Nomenklatur).
Konventionelle Produktion	Die konventionelle Landwirtschaft erfüllt die Mindestanforderungen der Gesetze.
Kultur	Kulturpflanze: eine vom Menschen angebaute, gepflegte und gezüchtete Pflanze
Anwendungsspezifischer Charakterisierungsfaktor:	Faktor zur Bewertung des Ökotoxizitätspotenzials eines PSM-Wirkstoffs, der weitergehende Informationen zur Kultur und Anwendung des PSM berücksichtigt.
LCA	« <b>L</b> ife <b>C</b> ycle <b>A</b> ssessment» oder Lebenszyklusanalyse
Fairtrade Max Havelaar	Das Fairtrade-Label kennzeichnet Produkte, die nach den internationalen Standards von Fairtrade angebaut und gehandelt wurden. Es gelten soziale, ökologische und ökonomische Kriterien.
Mehrfachanwendung	Ein PSM-Produkt wird mehrmals (n > 1) zur Behandlung von Kulturen auf eine landwirtschaftlich genutzte Fläche ausgebracht.
Methode M-Check PSM	Mit dem Begriff «Methode M-Check PSM» ist die Anwendung der «Methode USEtox» auf die verfügbaren Daten gemäss den Rahmenbedingungen des M-Checks PSM gemeint. Die Methode berücksichtigt dabei den Indikator zur aquatischen Ökotoxizität. Zusätzlich zur «Methode USEtox» wird bei der «Methode M-Check PSM» ausserdem die Aufteilung der PSM-Emissionen auf verschiedene

	Umweltkompartimente (abhängig von der Art der PSM-Anwendung sowie von der Kultur) berücksichtigt.
Migros Programm	Anbau nach Richtlinien, welche von der Migros zusammen mit Partnern (z.B. WWF) entwickelt wurden.
Wirkstoff	In einem PSM-Produkt vorhandene aktive Wirkstoffe. Als aktive Wirkstoffe («active ingredient») sind in diesem Bericht die Wirkstoffe gemeint, welche in einem PSM-Produkt enthalten sind.
Passiv-Liste	Liste, die beschreibt, welche Wirkstoffe in einem Standard-/Labelsystem nicht verwendet werden dürfen
Pflanzenschutzmittel (PSM-Produkte)	Produkte, die zum Schutz der Kulturen vor Schadorganismen für Pflanzen eingesetzt werden und mehrere Wirkstoffe sowie Beistoffe (Adjuvantien) enthalten können.
Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis (PSMV)	Verzeichnis, welches alle zur Behandlung der Schadorganismen einer Kultur zugelassenen Pflanzenschutzmittelprodukte enthält.
ÖLN	<u>Ö</u> kologischer <u>L</u> eistung <u>n</u> achweis: Produktionsstandard für die Schweiz, welcher Voraussetzung für den Erhalt von Direktzahlungen ist.
Methode USEtox	Mit dem Begriff «Methode USEtox» ist die wissenschaftliche Konsensmethode gemeint, welche von der UN Life Cycle Initiative empfohlen wird, um die toxikologische Wirkung von Chemikalien auf Menschen und Umwelt abzuschätzen.

# 1 Einleitung

## 1.1 Hintergrund

Der Migros-Genossenschaftsbund (MGB) möchte seinen Kunden/innen einen einfach verständlichen Kompass anbieten, der das nachhaltige Einkaufen vereinfachen soll. Der MGB möchte den Erwartungen der Konsument:innen und der Gesellschaft gerecht werden, indem er mit dem M-Check ein Tool zur Verfügung stellt, welches es dem Konsumenten vereinfacht, nachhaltig sowie umwelt- und gesundheitsbewusst einzukaufen<sup>1</sup>. Damit handelt der MGB in einem politisch-gesellschaftlichen Kontext: Gemäss dem Bericht des Bundesrates «Zukünftige Ausrichtung der Agrarpolitik» behindert die «beschränkte Markttransparenz» u.a. ein «nachhaltiges, gesundheits- und tierwohlförderndes Einkaufsverhalten. Entsprechend gilt es, den Konsumentinnen und Konsumenten entsprechende Informationen zugänglich zu machen<sup>2</sup>».

Aus diesem Grund will der MGB den M-Check ausweiten und weiterentwickeln. Im Gegensatz zum M-Check 1.0, mit dem verschiedene Mehrleistungen ausgelobt wurden, soll nun der M-Check 2.0 dem Kunden:innen eine einheitliche, transparente und intuitiv verständliche Information über das gesamte Migros-Sortiment geboten werden. Für verschiedene Dimensionen der Nachhaltigkeit wurden bereits Lösungen erarbeitet. So werden bereits für alle Food- und Frische-Produkte die Dimensionen Klimaverträglichkeit und Tierwohl (tierische Produkte) ausgewiesen. Als nächstes soll bei den pflanzlichen Produkten die Dimension «umweltverträglicher Pflanzenschutz» (nachfolgend «M-Check PSM» genannt) berücksichtigt werden. Konkret soll darüber informiert werden, wie hoch die Süsswasser-Ökotoxizität aufgrund des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln (PSM) beim Anbau der Kulturen für die pflanzlichen Nahrungsmittel sind. Dafür gibt es aber, im Gegensatz zu beispielsweise dem Klimaschutz/Carbon Footprint, noch keine standardisierte und einfach verwendbare Methode.

## 1.2 Auftrag

Der MGB hat Agroscope damit beauftragt, einen Ansatz zu entwickeln (nachfolgend «Methode M-Check PSM» genannt), welcher das Ökotoxizitätspotenzial der Produktion von Nahrungsmitteln abschätzen und dieses Potenzial in eine einfache Sternbewertung übersetzen kann. Agroscope stützt sich bei der Entwicklung der «Methode M-Check PSM» auf den wissenschaftlichen Ansatz der «Methode USEtox» respektive wendet die «Methode USEtox» auf die verfügbaren Daten gemäss den vereinbarten Rahmenbedingungen an. Die Bewertung mittels der «Methode M-Check PSM» umfasst lediglich die landwirtschaftliche Produktion, nicht aber die Lagerung und Verarbeitung von Nahrungsmitteln. Ebenso ausgeschlossen sind potenzielle Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit sowie PSM-Wirkstoffrückstände auf den Nahrungsmitteln.

Zahlreiche Bedingungen sind für die «Methode M-Check PSM» zu berücksichtigen: Diese soll auf einer einfach verfügbaren Datengrundlage für alle pflanzlichen Nahrungsmittel angewendet werden können. Nebst Listen der im jeweiligen Produktionsland zugelassenen PSM und den Produktionsrichtlinien stehen lediglich die Charakterisierungsfaktoren (siehe Kapitel 2.1.1) aus den Ökobilanzmethoden und eventuell die PSM-Produkt Aufwandmengen (= einmalige Behandlung der gesamten Anbaufläche, siehe Kapitel 2.2.1) aus den Pflanzenschutzmittelverzeichnissen (PSMV) zur Verfügung.

Mittels vorgegebener Produktionsrichtlinien und den verfügbaren PSMV-Daten wird auf kontrollierte Vorgaben abgestützt und so die Vergleichbarkeit der Ergebnisse über das Sortiment sichergestellt. Mit der Übernahme der Daten aus dem PSMV wird davon ausgegangen, dass nur zugelassene PSM eingesetzt werden. Die Gesetze geben den Landwirten einen Spielraum, der benutzt werden kann, aber nicht muss und somit über Produktionsrichtlinien eingegrenzt wird.

---

<sup>1</sup> M-Check, [www.m-check.ch](http://www.m-check.ch)

<sup>2</sup> Bericht des Bundesrates «Zukünftige Ausrichtung der Agrarpolitik» vom 22. Juni 2022, <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/politik/agrarpolitik/postulat.html>, Abschnitt «Transparenz und Kostenwahrheit» (Seite 7)

Es können keine Primärdaten bei den Produzenten gesammelt werden. Aus diesem Grund kann mit der erarbeiteten «Methode M-Check PSM» lediglich ein Ökotoxizitätspotenzial ausgewiesen werden. Ebenso soll die «Methode M-Check PSM» jederzeit auf sich verändernde Produktionsrichtlinien (bspw. andere Zulassungslisten) anpassbar und die Schätzung des Ökotoxizitätspotenzials einheitlich für das pflanzliche Food- und Frischesortiment verschiedener Herkunft sein (viele Produktionsländer ausserhalb der Schweiz). Einfache (aus einer Zutat bestehende Nahrungsmittel) als auch zusammengesetzte Nahrungsmittel (aus einer Vielzahl von Zutaten bestehende Nahrungsmittel) sollen bewertet werden können. Da zusammengesetzte Nahrungsmittel unter anderem schwieriger zu bewerten sind (z.B. Gewichtung der Zutaten), soll bei der Entwicklung der «Methode M-Check PSM» zuerst auf Nahrungsmittel fokussiert werden, die ausschliesslich oder vorwiegend aus einer Zutat bestehen.

Als Pilotprodukte wurden sechs Nahrungsmittel aus CH- und EU-Herkunft (Kartoffeln, Äpfel, Brot, Rapsöl, Zucker, Karotten) und ein Nahrungsmittel aus Übersee (Banane) ausgewählt (Tab. 1).

Tab. 1 Im Pilotprojekt untersuchte Nahrungsmittel und Standard-/Labelsysteme.

	Land	Konventionell	Migros	IP-Suisse	Bio	Demeter	Max Havelaar
Kartoffel	CH	X (ÖLN)		X	X (BS)	X	
Apfel	CH	X (ÖLN)	X (KOB)	X	X (BS)		
	EU	X (EUK)			X (EUB)		
Brot (Weizen)	CH	X (ÖLN)		X (extenso)	X (BS)		
	EU	X (EUK)			X (EUB)		
Rapsöl	CH	X (ÖLN)		X	X (BS)		
	EU	X (EUK)			X (EUB)		
Rübenzucker	CH	X (ÖLN)		X	X (BS)		
	DE	X (EUK)			X (EUB)		
Karotte	CH	X (ÖLN)		X	X (BS)	X	
Banane	Zentral-amerika	X (GG)			X (EUB)	X	X (WWF)

**GG:** GlobalGap (alle PSM zugelassen); **EUK:** EU-Verordnung; **ÖLN:** Ökologischer Leistungsnachweis; **BS:** BioSuisse;

**EUB:** EU-Bio-Verordnung; **WWF:** World Wide Fund for Nature (basiert auf WHO-Richtlinien und PAN-Liste);

**KOB:** Richtlinien Kernobst MGB. Detaillierte Informationen zu den einzelnen Verordnungen finden sich im Kapitel 2.2.2.

Der MGB möchte die Kunden:innen über ein Sternenranking (1-5 Sterne) informieren. Die Berechnung des M-Check PSM soll transparent dargelegt werden. Das Sternenranking soll einheitlich für das gesamte Food- und Frischesortiment sein. Für die Verteilung der Sterne stellen sich drei Betrachtungsweisen als relevant heraus. Diese Betrachtungsweisen sind insofern wichtig, da sie die Sternenvergabe unabhängig der Resultate auf Stufe Ökotoxizitätspotenzial beeinflussen.

- Verteilung der Sterne **innerhalb des gesamten Sortiments** an pflanzlichen Nahrungsmitteln, unabhängig von der Kultur. In diesem Fall würden alle pflanzlichen Nahrungsmittel zusammen bewertet werden.
  - Beispiel 1:* Man geht davon aus, dass der Kunde ein pflanzliches Produkt kaufen will und das Sternenranking hilft ihm bei der Auswahl innerhalb des Sortimentes an pflanzlichen Produkten.
- Verteilung der Sterne **innerhalb von Sub-Sortimenten** an pflanzlichen Nahrungsmitteln. In diesem Fall würden nur pflanzliche Nahrungsmittel innerhalb gleicher Sub-Sortimente zusammen bewertet werden.
  - Beispiel 2:* Man geht davon aus, dass der Kunde einfach eine Frucht kaufen wird und das Sternenranking hilft ihm, die Unterschiede innerhalb des Früchtesortiments zu erkennen.

3. Verteilung der Sterne **innerhalb gleicher pflanzlicher Produkte** verschiedener Standard-/Labelsysteme. In diesem Fall würden nur gleiche Produkte bewertet werden.
- *Beispiel 3: Man geht davon aus, dass der Kunde sowieso einen Apfel kaufen wird und das Sternenranking hilft ihm, die Unterschiede innerhalb des Apfelsortiments zu erkennen.*

Gemäss dem momentanen Stand des M-Check 2.0 eignet sich konsistenzhalber lediglich die Verteilung der Sterne innerhalb des gesamten Sortiments (Beispiel 1).

Bei diesem Projekt handelt es sich um ein Pilotprojekt. In diesem wird untersucht, ob eine Bewertung des PSM-Einsatzes bei Nahrungsmitteln unter den gegebenen Rahmenbedingungen überhaupt möglich ist. Eine wichtige Bedingung dabei ist, dass die Bewertung auf einfach verfügbaren Informationen basiert und somit auf das gesamte pflanzliche Sortiment angewendet werden kann. Die Skalierung darf grob sein, denn das pflanzliche Sortiment deckt eine grosse Spannweite an Nahrungsmitteln ab. Ebenso können im Pilotprojekt bestehende Lösungsansätze bezüglich der verschiedenen, technischen und wissenschaftlichen Fragestellungen getestet und geprüft werden.

## 2 Methode

### 2.1 Methodischer Ansatz

Für den M-Check PSM wird eine Methodik erarbeitet, welche auf dem Ansatz zur Bewertung der Ökotoxizität in Ökobilanzen beruht. Die Abschätzung der ökotoxikologischen Wirkungen auf die Umwelt erfolgt mit der «Methode USEtox» (Fantke et al., 2021; Rosenbaum et al., 2008). Dabei handelt es sich um eine Konsensmethode, welche gemeinsam von verschiedenen Modell- und Methoden-Entwicklergruppen basierend auf den bestehenden Ansätzen entwickelt wurde. Diese Methode wird sowohl von der «UN Life Cycle Initiative» (UNEP, 2019) als auch von der EU im Rahmen des «Product Environmental Footprint» (PEF) (European Commission, 2017; Saouter et al., 2018) als Standard empfohlen. Die «Methode USEtox» schätzt die erwartete Wirkung auf die aquatischen Organismen ab, macht aber keine Risikobewertung. Da das Ziel von M-Check weitgehend mit den Zielen des PEF übereinstimmt, orientiert sich der methodische Ansatz am PEF. Die «Methode USEtox» wird vom USEtox-Konsortium (<https://usetox.org/>) weiterentwickelt und regelmässig aktualisiert. Die Wirkungsabschätzungsmethode USEtox berechnet die Verteilung in den Umweltkompartimenten (fate), die Exposition sowie den Effekt, d.h. die Toxizität für verschiedenen Organismengruppen. Dabei werden offiziell ein Indikator für aquatische Ökotoxizität («freshwater ecotoxicity») sowie zwei Indikatoren für die Humantoxizität empfohlen. Im M-Check PSM kommt nur der Erste zur Anwendung, da nur Wirkungen auf die Umwelt betrachtet werden. Mit diesem Indikator werden die Ökotoxizitäten auf aquatische Organismen (aquatische Ökotoxizität) betrachtet. Neben der aquatischen Ökotoxizität wurden weitere Ökotoxizitäts-Indikatoren entwickelt, namentlich für die terrestrische und die marine Ökotoxizität (Verones et al., 2020). Diese Indikatoren werden aber noch nicht offiziell vom USEtox-Konsortium empfohlen und sind nicht Bestandteil der vom PEF der EU vorgeschlagenen Methode. Ein französisches Expertengremium betrachtet den Einsatz dieser Methoden für die Umweltproduktdeklaration als verfrüht (Soler et al., 2021). Daher kommt für M-Check PSM nur der Indikator für die aquatische Ökotoxizität zum Einsatz. Wenn die Indikatoren für die terrestrische und die marine Ökotoxizität weiterentwickelt sind und von den internationalen Gremien empfohlen werden, sollte eine Anpassung der «Methode M-Check PSM» geprüft werden.

Im Unterschied zu Risikobewertungsmethoden, welche ein Risiko von PSM auf Organismen abschätzen, kommen in der Ökobilanzierung Methoden zur Abschätzung der Wirkung auf die Umwelt zur Anwendung. Eine detaillierte Diskussion der beiden Ansätze findet sich in Waldvogel et al. (2018). Die Risikoabschätzung (z.B. SYNOPSIS, Gutsche and Strassemeyer (2007)) bewertet eher die kurzfristigen Risiken und verwendet dafür die maximale Belastung der Organismen. Die Ökobilanzmethodik hingegen hat einen langfristigen Fokus und quantifiziert die durchschnittliche Wirkung.

Um die Wirkungsabschätzung mit der «Methode USEtox» anzuwenden, wird zuerst die Verteilung der PSM auf die verschiedenen Umweltkompartimente berechnet. Dafür stützen wir uns auf den Konsensprozess innerhalb der Ökobilanzforschung, der 2013 gestartet wurde. Darin wird eine standardisierte Bewertung der PSM in Ökobilanzen aufgrund der neuesten Methodenentwicklungen vorgeschlagen (Fantke et al., 2021). Diese Methodenentwicklung wurde in einem Grundsatzpapier ausgeführt (Rosenbaum et al., 2015). Im Projekt «OLCA-Pest» («Operationalising Life Cycle Assessment of Pesticides», <https://orbit.dtu.dk/en/projects/olca-pest>) wurde dann das Vorgehen operationalisiert. Das PestLCI-Konsensmodell ist als Web-basierte Anwendung (<https://pestlciweb.man.dtu.dk>) verfügbar und erlaubt die Schätzung der Verteilung der PSM auf die verschiedenen Kompartimente nach der PSM-Anwendung. Für Standard-Anwendungen wurden Default-Emissionsanteile berechnet, die für verschiedene Kulturgruppen und Zielorganismen (z.B. Herbizide, Fungizide, Insektizide, etc.) eine einfache Abschätzung der Verteilung erlauben (Nemecek et al., 2022). Diese Default-Emissionsanteile kommen in M-Check PSM zum Einsatz.

Aus den Default-Emissionsanteilen aus «OLCA-Pest» und den Charakterisierungsfaktoren aus verschiedenen Quellen (siehe 2.1.1) werden angepasste kultur- und anwendungsspezifische Charakterisierungsfaktoren wie folgt berechnet:

$$\text{Eq. 1:} \quad CF_{sa i}' = f_{a i} * CF_{a i} + f_{w i} * CF_{w i} + f_{s a i} * CF_{s n i} + (f_{s a i} + f_{c r i}) * CF_{s n i}$$

$CF_{sa i}'$ : Angepasster Charakterisierungsfaktor für *soil, agricultural*

$CF_{a i}$ : Charakterisierungsfaktor für *continental air* aus der «Methode USEtox» V2.12

$CF_{sa i}$ : Charakterisierungsfaktor für *agricultural soil* aus der «Methode USEtox» V2.12

$CF_{s n i}$ : Charakterisierungsfaktor für *natural soil* aus der «Methode USEtox» V2.12

$CF_{w i}$ : Charakterisierungsfaktor für *freshwater* aus der «Methode USEtox» V2.12

$f_{a i}$ : Anteil Emission in die Luft

$f_{s a i}$ : Anteil Emission in *soil, agricultural*

$f_{s n i}$ : Anteil Emission in *soil, natural*

$f_{w i}$ : Anteil Emission in *freshwater*

$f_{c r i}$ : Anteil Emission auf *crop*

Im Kontext des Berichts ist der Begriff «Kultur» gebräuchlicher als «Nahrungsmittel». Für diesen Bericht wird der Begriff «Kultur» als Synonym von «Nahrungsmittel» verwendet und bezieht sich auf die sieben zu untersuchenden Nahrungsmittel.

Die Emissionen auf die Kultur («crop») werden gemäss Empfehlung aus «OLCA-Pest» (Nemecek et al., 2022) mit den Charakterisierungsfaktoren für den landwirtschaftlichen Boden («agricultural soil») angenähert. Das Vorgehen ist analog zu Bystricky et al. (2020); eine Studie, die einer kritischen Prüfung nach ISO 14040/44 (International Standard Organisation (ISO), 2006a, 2006b) durch drei unabhängige Ökobilanz-Experten unterzogen wurde.

Bei diesen angepassten Charakterisierungsfaktoren handelt es sich also um eine Kombination von Emissionsanteilen aus der Sachbilanz («life cycle inventory», LCI) und den eigentlichen Charakterisierungsfaktoren aus der «Methode USEtox» («life cycle impact assessment», LCIA).

### 2.1.1 Charakterisierungsfaktoren und Proxys

Für das Pilotprojekt werden die Charakterisierungsfaktoren von der «Methode USEtox» mit Stand 11. November 2019 verwendet. Da neuere Faktoren zurzeit nur in der Beta-Version vorhanden sind, wird auf eine Verwendung entsprechender Faktoren verzichtet.

Im Laufe des Projekts hat sich gezeigt, dass die existierenden Charakterisierungsfaktoren in der «Methode USEtox» die Vielfalt der verwendeten PSM-Wirkstoffe für die untersuchten Kulturen in den untersuchten Ländern nicht vollständig abdecken. Aus diesem Grund wurden die in der «Methode USEtox» fehlenden Charakterisierungsfaktoren mit Faktoren aus dem Projekt «OLCA-Pest» (Nemecek et al., 2022) und dem «Product Environmental Footprint» (European Commission (EC), 2013) ergänzt. Es wurde dabei darauf geachtet, dass die berechneten Charakterisierungsfaktoren aus diesen Quellen methodisch konsistent zu der «Methode USEtox» berechnet wurden. Die Charakterisierungsfaktoren aus «OLCA-Pest» sind mit denjenigen aus der «Methode USEtox» vollständig kompatibel, da die «OLCA-Pest» Methodik auf dem Ansatz der «Methode USEtox» basiert. Bei den Charakterisierungsfaktoren aus dem «Product Environmental Footprint» wurden die Faktoren aus der Version 2 verwendet. Eine Version 3 des «Product Environmental Footprint» ist zwar verfügbar<sup>3</sup>. Die Faktoren aus Version 3 lassen sich jedoch nicht mit der «Methode USEtox» vereinbaren, da in der Version 3 im Vergleich zu den Charakterisierungsfaktoren der «Methode USEtox» generell optimistischere Annahmen bezüglich dem Expositionsfaktor (Wahrscheinlichkeit des Kontakts zwischen einem Wirkstoff und dem Zielorganismus) getroffen wurden. Eine Verwendung dieser Charakterisierungsfaktoren aus Version 3 würde methodische Inkonsistenzen zur Folge haben und falsche Ergebnisse liefern. In Version 2 hingegen wurden methodische Annahmen getroffen, welche konsistent mit den Annahmen in der «Methode USEtox» sind. Alle Charakterisierungsfaktoren aus den verschiedenen erwähnten Quellen sind in tabellarischer Form von den offiziellen Websites öffentlich zugänglich und werden regelmässig aktualisiert.

<sup>3</sup> Die Charakterisierungsfaktoren für den «Product Environmental Footprint» Version 2 und Version 3 sind in den «reference packages» unter folgendem Link abrufbar: <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/LCDN/developerEF.xhtml>

Falls Charakterisierungsfaktoren gleicher Wirkstoffe in mehreren Quellen vorhanden waren, wurden Charakterisierungsfaktoren aus der «Methode USEtox» priorisiert. Falls für Wirkstoffe keine Charakterisierungsfaktoren in der «Methode USEtox» vorhanden waren, wurden Faktoren aus «OLCA-Pest» bevorzugt. Bei fehlenden «OLCA-Pest» Charakterisierungsfaktoren wurden jene aus dem «Product Environmental Footprint» Version 2 eingesetzt. Auf eine Berechnung von Charakterisierungsfaktoren fehlender Wirkstoffe wurde verzichtet, da die Berechnung äusserst zeitaufwändig, komplex und mit erheblichem Aufwand verbunden ist. Falls aus keinen der vorhandenen Quellen Charakterisierungsfaktoren vorhanden waren, wurden Proxy-Faktoren eingesetzt.

Proxy-Faktoren (nachfolgend nur Proxys genannt) sind sogenannte Stellvertreter-Faktoren, die versuchen, eine Annäherung eines Wertes herbeizuführen, wenn der gesuchte Wert nicht bekannt ist. Oftmals werden Proxys als Durchschnittswerte von bekannten Werten festgelegt. Für dieses Projekt wurden jeweils drei Typen von Proxys für fehlende Charakterisierungsfaktoren von Wirkstoffen erstellt, wovon schliesslich nur einer priorisiert wurde. Die Reihenfolge der Proxy-Typen entspricht gleichzeitig der Priorisierung der Proxy-Werten. Falls ein Proxy via Proxy-Typ 1 ermittelt werden konnte, wurde dieser eingesetzt, ansonsten Proxy-Typ 2 resp. Proxy-Typ 3.

1. Proxy-Typ 1: Ermittlung von Proxys via den Wirkmechanismus (engl. «Mode of action») von Wirkstoffen. In diesem Fall beschreibt der Wirkmechanismus die Art und Weise, wie ein PSM eine physiologische Störung an seinem Zielort respektive beim Schadorganismus verursacht. Diese zusätzliche Information, falls vorhanden, wurde bei der Erstellung der Proxys berücksichtigt. Es erfolgte erst eine Einteilung aller vorhandenen Wirkstoffe in die jeweiligen Wirkmechanismus-Gruppen. Für jede dieser Gruppen wurde anschliessend das geometrische Mittel vorhandener Charakterisierungsfaktoren berechnet. Dieses Mittel wurde dann für diejenigen Wirkstoffe eingesetzt, bei denen kein Charakterisierungsfaktor dafür aber der Wirkmechanismus bekannt war.
2. Proxy-Typ 2: Ermittlung von Proxys via Typ (Insektizid, Herbizid, Fungizid) von PSM Wirkstoffen. Ähnlich zum Proxy-Typ 1 wurden die Wirkstoffe vorerst in Gruppen eingeteilt, wobei in diesem Fall nicht der Wirkmechanismus, sondern der Pestizid-Typ für die Gruppierung verwendet wurde. Analog zum Proxy-Typ 1 wurde anschliessend das geometrische Mittel der Charakterisierungsfaktoren berechnet sowie für diejenigen Wirkstoffe eingesetzt, bei denen kein Charakterisierungsfaktor, dafür aber der PSM-Typ bekannt war.
3. Proxy-Typ 3: Ermittlung von Proxys via aller als PSM klassifizierten Wirkstoffe. Für fehlende Charakterisierungsfaktoren wurde das geometrische Mittel aller vorhandener Charakterisierungsfaktoren unabhängig einer Gruppierung resp. einer Verwendung weiterer Informationen verwendet.

Die Spannweite der Werte der Charakterisierungsfaktoren erstreckt sich über mehrere Potenzen. Da sehr grosse Werte ebenfalls bei der Berechnung der Proxys berücksichtigt werden, ist eine gewisse Überschätzung der Proxy-Werte für die Charakterisierungsfaktoren möglich. Für gewisse Wirkstoffe wäre diese Schätzung nicht adäquat, da sie beispielsweise den Charakter eines Nahrungsmittels haben, so z.B. Maltodextrin (= Zucker) (siehe Tab. 2). Für diese Wirkstoffe wurden die Charakterisierungsfaktoren darum auf 0 gesetzt. Dieses Vorgehen ist analog zum Vorgehen der «EF Agricultural Working Group 2020-2021». Für Wirkstoffe wie «Schwefel» wird hier ebenfalls vorgeschlagen, den Charakterisierungsfaktor auf 0 zu setzen, da gemäss Literatur keine Hinweise auf toxische Effekte gegeben sind<sup>4</sup>.

Die vorhandenen Charakterisierungsfaktoren aus den verschiedenen Quellen sowie die daraus berechneten Proxys wurden anschliessend für jede Kultur in kultur- und anwendungsspezifische Charakterisierungsfaktoren übertragen (siehe dazu Kapitel 2.2.3). Vereinfachend wird in diesem Bericht nachfolgend von "Charakterisierungsfaktoren" (CF) gesprochen, damit sind die entsprechend angepassten CF gemeint (siehe Eq. 1). Für die Abschätzung der Ökotoxizität der mit PSM behandelten Kulturen wurden diese Charakterisierungsfaktoren verwendet.

<sup>4</sup> Unpublizierte Arbeiten der «EF Agricultural Working Group 2020», Milestone 1: Pesticides and toxicity indicators. Summary of the discussions and recommendations for EF Guidance evolution.



Tab. 2 Wirkstoffe, die teilweise als PSM verwendet werden und bei denen die Emissionsfaktoren auf 0 gesetzt wurden.

<b>Wirkstoffnamen</b>	
Alcohols, C9-11, ethoxylated	Maltodextrin
Alkylpolyglycosid	Paraffinöl
Aluminium phosphide	Plant oils / Clove oil
Diatomaceous earth	Polyalkyleneoxide modified Heptamethyltrisiloxane
Duftstoffe	Polyethermodifiziertes Trisiloxan
Ethoxyliertes Rizinusöl	Quassiaextrakt
Ethylen	Rapsöl(-methylester)
Fettsäuren C7-C18	Schachtelhalmextrakt
Kalium-Bicarbonat	Schwefel
Kaolin	Schwefelkalk
Knoblauchextrakt	Schwefelsaure Tonerde
Magermilchpulver	Sesamöl raffiniert
Magnesium phosphide	Sojalecithin

Zur Abschätzung des Ökotoxizitätspotenzials der mit PSM behandelten Kulturen wurden unterschiedlich viele Proxywerte verwendet (Tab. 3).

Tab. 3 Auflistung der Anzahl der Proxywerte, die zur Abschätzung des Ökotoxizitätspotenzials verwendet wurden, unabhängig vom Standard-/Labelsystem.

<b>Kultur</b>	<b>Anzahl verwendeter Proxywerte</b>	<b>Anzahl bewerteter Wirkstoffe</b>	<b>Anteil Proxy an Total bewerteter Wirkstoffe</b>
Apfel	19	124	15%
Banane	23	115	20%
Karotte	7	67	10%
Kartoffel	13	109	12%
Raps	17	81	21%
Weizen	26	135	19%
Zuckerrübe	10	78	13%

### 2.1.2 Identifikation des PSM-Einsatzes in Produktionsrichtlinien der Standard-/Labelsysteme

Mit dem M-Check PSM soll es möglich sein, Nahrungsmittel unterschiedlicher Herkunft und Produktionsrichtlinien mittels eines Sternensystems zu bewerten. Diese Bewertung beruht auf dem vorab berechneten Ökotoxizitätspotenzial eines Nahrungsmittels unter gegebenen Produktionsrichtlinien in einem bestimmten Land basierend auf dem methodischen Ansatz. Dieses berechnete Ökotoxizitätspotenzial hängt massgeblich davon ab, welche Wirkstoffe von den Landwirten eingesetzt werden dürfen (Abb. 1). In der Realität setzen die Betriebe nur eine Auswahl der erlaubten PSM-Produkte ein und die genaue Anzahl der Anwendungen ist nicht bekannt. Das heisst, für alle zugelassenen PSM-Produkte variiert die Anzahl der Anwendungen (kann auch 0 sein). Die Anzahl der Anwendungen sowie die Aufwandmenge wird betrieblich, situationsbedingt (z.B. abhängig vom Befall) und unter den

Richtlinien der Behörden (insbesondere das Einhalten von Vorgaben) und Labelorganisationen festgelegt. Die Betriebe bestimmen individuell, ob sie ganze Flächen oder nur Teilflächen behandeln.

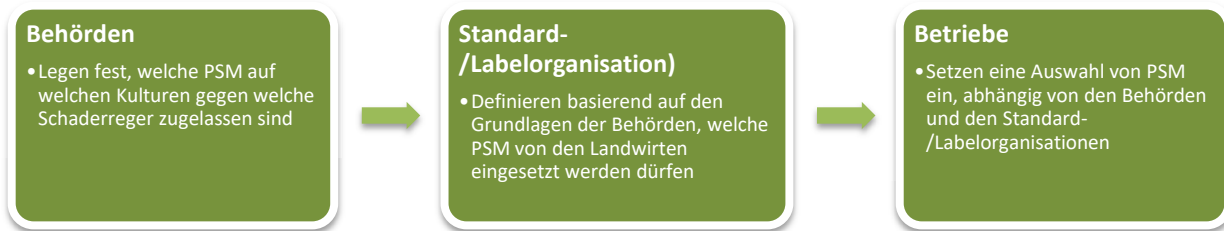


Abb. 1 Die landwirtschaftlichen Betriebe richten sich bei der Auswahl von Wirkstoffen für den Pflanzenschutz nach den behördlichen Regelungen sowie den Standard-/Labelanforderungen. Individuelle betriebliche Ausnahmeregelungen oder z.B. Notfallzulassungen werden zwar behördlich geregelt, können mit der «Methode M-Check PSM» jedoch nicht berücksichtigt werden, da keine einzelbetrieblichen Daten zur Bewertung verwendet werden und Notfallzulassungen nicht im PSMV aufgeführt werden.

Die erarbeitete «Methode M-Check PSM» soll basierend auf den Produktionsrichtlinien verschiedener Standard-/Labelsysteme systematisch Wirkstoffe in die Berechnung des Ökotoxizitätspotenzials mit ein- respektive ausschliessen, je nachdem ob die Wirkstoffe gemäss den Produktionsrichtlinien verwendet werden dürfen oder nicht. Je nach Anzahl verwendeter Wirkstoffe resultiert daraus ein unterschiedlich hohes Ökotoxizitätspotenzial für das Nahrungsmittel. Auf Ebene Wirkstoff ergibt sich also eine unterschiedliche Bewertung gleicher Nahrungsmittel aus gleichem Land für unterschiedliche Standard-/Labelsysteme, da diese massgeblich von den Labelanforderungen abhängen.

Ob ein Wirkstoff verwendet werden darf oder nicht, wird in den Produktionsrichtlinien definiert. Zwei Typen von Informationen aus den Produktionsrichtlinien werden unterschieden:

- Bei der **Aktiv-Liste** werden in den Produktionsrichtlinien nur diejenigen Wirkstoffe aufgelistet, die vom Landwirt zur Behandlung von Kulturen verwendet werden dürfen. Nicht aufgelistete Wirkstoffe sind verboten.
- Bei der **Passiv-Liste** werden im Gegensatz zur Aktiv-Liste diejenigen Wirkstoffe aufgelistet, welche nicht verwendet werden dürfen. Alle anderen sind hingegen zugelassen.

Je nach Listentyp (Aktiv- resp. Passiv-Liste) unterscheidet sich das Vorgehen, um auf die endgültige Liste möglicher Wirkstoffe zu schliessen, die in den untersuchten Standard-/Labelsystemen verwendet werden dürfen. Diese für die «Methode M-Check PSM» relevante endgültige Liste, nachfolgend «Farming\_system» Liste genannt, enthält alle für das Pilotprojekt relevanten Wirkstoffe sowie deren Zulassungsstatus gemäss Produktionsrichtlinien. Oder anders gesagt: die «Farming\_system» Liste gibt für jedes in diesem Bericht untersuchte Standard-/Labelsystem und jede untersuchte Kultur gemäss den Vorgaben in den Produktionsrichtlinien an, welche Wirkstoffe verwendet respektive nicht verwendet werden dürfen. Sie ist ein wichtiger Bestandteil der erarbeiteten «Methode M-Check PSM». Folgendes Vorgehen wurde verwendet, um die «Farming\_system» Liste zu vervollständigen:

- Ausgehend von einer **Aktiv-Liste** wird der Status aller in der «Farming\_system» Liste vorhandenen Wirkstoffe zu Beginn auf «Verboten» gesetzt. Anschliessend werden diese Wirkstoffe mit jenen der Aktiv-Liste verglichen. Falls die Wirkstoffe sowohl in der «Farming\_system» Liste als auch in der Aktiv-Liste erscheinen, wird der Status in der «Farming\_system» Liste auf «Zugelassen» geändert. Andernfalls verbleibt der Status auf «Verboten».
- Ausgehend von einer **Passiv-Liste** ist das Vorgehen umgekehrt. Hier wird der Status zu Beginn auf «Zugelassen» gesetzt und nur für diejenigen Wirkstoffe auf «Verboten» geändert, die in der Passiv-Liste explizit erscheinen.

## 2.2 Datenrecherche

### 2.2.1 Pflanzenschutzmittelverzeichnis verschiedener Länder

Datengrundlage zur Abschätzung der Ökotoxizität, der von mit PSM behandelten Kulturen, bildet das PSMV des Landes, in dem die Produktion einer Kultur (in diesem Zusammenhang gleichzustellen wie ein Nahrungsmittelprodukt, das nur aus einer Zutat besteht) untersucht werden soll. Je nach Land stellt das PSMV unterschiedlich viele Informationen zu den PSM-Produkten bereit (siehe Tab. 4). Generell wird die Zulassung von PSM auf Ebene PSM-Produkten von den Kontrollorganen in den jeweiligen Ländern vorgenommen. Im PSMV sind alle PSM-Produkte aufgelistet, die zur Produktion verschiedener Kulturen eingesetzt werden dürfen.

In Tab. 4 aufgelistete Informationen stellen lediglich eine Auswahl von Informationen dar, die in einem PSMV enthalten sein können. Je nach Land resp. Zulassungsstelle sind nicht immer alle benötigten Informationen zu PSM öffentlich zugänglich. Die Zulassungsstellen sind ausserdem unterschiedlich weit (technologisch) fortgeschritten, was die Datenverfügbarkeit beeinflusst.

- Für einige Länder wurden online resp. digital keine bis sehr wenige Informationen zu PSM gefunden.
- Einige Länder haben (Excel-)Listen von zugelassenen PSM-Produkten, die online eingesehen und teilweise heruntergeladen werden können.
- Einige Länder stellen Web-basierte Suchapplikationen zur Verfügung, in denen Informationen zu einzelnen PSM-Produkten in den hinterlegten Datenbanken einzeln abgefragt werden können. Teilweise ist eine Extraktion von Informationen über Buttons möglich.
- Einige Länder stellen das gesamte PSMV als Excel oder in Datenbankformat entweder gratis oder kostenpflichtig zur Verfügung.

Für eine effiziente Datenverarbeitung wird die Verfügbarkeit von Informationen in Datenbankformat vorausgesetzt. Eine standardisierte, einheitliche Datengrundlage ist zurzeit nicht vollständig verfügbar. Es existiert zwar eine Datenbank zu zugelassenen PSM-Produkten in EU-Ländern<sup>5</sup>. Jedoch sind in dieser Datenbank nur sehr eingeschränkte Informationen verfügbar. So finden sich weder Informationen zu PSM auf Kulturebene noch Informationen zu beispielsweise den Aufwandsmengen.

Das Sekretariat EPPO verwaltet eine Liste mit den Namen und den Links zu den Datenbanken für PSM<sup>6</sup>. Durch Klicken auf die entsprechenden Links in der Liste wird man direkt an die entsprechenden Websites weitergeleitet, wo die Dokumente online heruntergeladen werden können.

Für die in diesem Bericht berücksichtigten Kulturen (Apfel, Banane, Karotte, Kartoffel, Raps, Weizen und Zuckerrübe) aus den drei ausgewählten Ländern (Schweiz, Frankreich und Costa Rica) ist je nach Land das PSMV in verschiedener Form erhältlich und enthält unterschiedlich viele Informationen (Tab. 4 und Tab. 5).

---

<sup>5</sup> European Commission – EU Pesticides Database, [https://ec.europa.eu/food/plants/pesticides/eu-pesticides-database\\_en](https://ec.europa.eu/food/plants/pesticides/eu-pesticides-database_en)

<sup>6</sup> List of databases on registered plant protection products in the EPPO region”, [https://www.eppo.int/ACTIVITIES/plant\\_protection\\_products/registered\\_products](https://www.eppo.int/ACTIVITIES/plant_protection_products/registered_products)

Tab. 4 Struktur und Verfügbarkeit verschiedener PSMV in Abhängigkeit des Landes.

	Schweiz <sup>7</sup>	Frankreich <sup>8</sup>	Costa Rica <sup>9</sup>
Zugelassene PSM-Produkte und weiterführende Informationen online einzeln abrufbar via Websuchfunktion	Ja	Ja	Ja
PSMV in Datenbankformat erhältlich	Ja <sup>1</sup>	Ja	Nein

<sup>1</sup> auf Anfrage kostenlos

Tab. 5 Im PSMV enthaltene, verfügbare Informationen ausgewählter Länder.

Informationstyp	Beispiel	Schweiz	Frankreich	Costa Rica
Namen zugelassener PSM-Produkte	Kyleo	Ja	Ja	Ja
PSM-Typ	Herbizid	Ja	Ja	Nein
Formulierung des PSM	Wasserlösliches Konzentrat	Ja	Ja	Nein
Hersteller des PSM-Produkts	Omya (Schweiz) AG	Ja	Ja	Ja
Name(n) der in den PSM-Produkten enthaltenen Wirkstoffe	Glyphosat, 2,4-D	Ja	Ja	Ja
Maximale Aufwandmenge von PSM-Produkten bei einer Einfachanwendung (Dosierung)	2 - 5 L/ha	Ja	Ja	Nein
Wirkstoffkonzentration im PSM-Produkt	240 g/L	Ja	Ja	Nein
Anzahl maximal möglicher Anwendungen einzelner PSM-Produkte	Maximal 1 Anwendung eines PSM-Produktes	Für einzelne Wirkstoffe vorhanden (z.B. Kupfer)	Ja	Nein
Kultureinsatz	Mais	Ja	Ja	Ja
Wirkung gegen Schadorganismus	Einjährige Dicotyledonen (Unkräuter)	Ja	Ja	Nein

<sup>7</sup> Das PSMV der Schweiz wird vom «Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen BLV» verwaltet. Der Online Zugriff erfolgt via [www.psm.admin.ch](http://www.psm.admin.ch).

<sup>8</sup> Das PSMV von Frankreich im Datenbankformat kann über die «E-Phy» Website (<https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/donnees-ouvertes-du-catalogue-e-phy-des-produits-phytopharmaceutiques-matieres-fertilisantes-et-supports-de-culture-adjuvants-produits-mixtes-et-melanges/>) heruntergeladen werden.

<sup>9</sup> In Costa Rica zugelassene PSM können unter <http://app.sfe.go.cr/SFEInsumos/asp/Seguridad/Home.aspx> eingesehen werden.

Ein PSM-Produkt kann mehrere Wirkstoffe enthalten. Mit der Angabe zu den in den zugelassenen PSM-Produkten enthaltenen Wirkstoffen kann auf den Zulassungsstatus einzelner Wirkstoffe geschlossen werden.

Mit Ausnahme von Costa Rica sind alle (für Frankreich) resp. ein Grossteil der Informationen (für die Schweiz) im Datenbankformat vorhanden. Für alle drei Länder können die zugelassenen PSM-Produkte den Kulturen zugeordnet werden. Ebenso sind für alle drei Länder die Namen der zugelassenen PSM-Produkte, die Hersteller der PSM-Produkte sowie die in den PSM-Produkten enthaltenen Wirkstoffe bekannt.

### 2.2.2 Produktionsrichtlinien von Standard-/Labelsystemen

Nachfolgend werden für jedes im Pilotprojekt untersuchte Standard-/Labelsystem die Quellen der Informationen zu den Produktionsrichtlinien angegeben.

#### Ökologischer Leistungsnachweis (ÖLN)

Alle im PSMV der Schweiz aufgelisteten PSM-Produkte respektive deren enthaltenen Wirkstoffe sind für die angegebenen Kulturen am Standort Schweiz zugelassen ([www.psm.admin.ch](http://www.psm.admin.ch)). Es handelt sich beim PSMV also um eine Aktiv-Liste (Stand: Dezember 2019). Die Kulturen Apfel, Karotte, Kartoffel, Raps, Weizen und Zuckerrübe am Standort Schweiz wurden unter diesen Produktionsrichtlinien untersucht.

Hinsichtlich der für die «Methode M-Check PSM» relevanten Parameter, u.a. der Zulassung von Wirkstoffen, gibt es keine Unterschiede zwischen der «konventionellen Produktion» und dem «ÖLN», da sich diese beiden Systeme hinsichtlich des PSM-Einsatzes nur in gewissen Parametern (wie z.B. dem Ausbringungszeitpunkt eines PSM) unterscheiden, auf welche die «Methode M-Check PSM» nicht sensitiv reagiert. Folglich werden diese Systeme im Pilotprojekt identisch bewertet. Nachfolgend wird der Begriff «ÖLN» verwendet.

#### Konventionelle Produktion auf EU-Ebene

Auf EU-Ebene existiert eine PSM-Datenbank, die angibt, welche Wirkstoffe verwendet werden dürfen (Aktiv-Liste). Für das Pilotprojekt wurde ein Auszug der Wirkstoffe aus der Datenbank mit Stand März 2022 erstellt. Für dieses Standard-/Labelsystem wurden die Kulturen Apfel, Weizen, Raps und Zuckerrüben bewertet. Die Richtlinien auf EU-Ebene können kulturunabhängig angewendet werden.

#### Integrierte Produktion Schweiz (IP-Suisse)

Für die integrierte Produktion sind je nach untersuchter Kultur verschiedene Richtlinien vorhanden. Unabhängig von den Kulturen gilt, dass nur jene Wirkstoffe verwendet werden dürfen, welche auch im ÖLN zugelassen sind. Zusätzlich dazu werden kulturabhängig gewisse Wirkstoffe oder PSM-Produktgruppen ausgeschlossen (Passiv-Liste). Für Karotten wurden die Gemüse-Richtlinien (Stand: Januar 2022) und für Weizen die Getreide-Richtlinien (Stand: Januar 2022) verwendet. Da im Januar 2022 seitens IP-Suisse lediglich die verfügbaren Produktionsrichtlinien zu extenso Getreide verfügbar waren, wurde in diesem Pilotprojekt die Kultur Weizen im System extenso bewertet. Eine Bewertung von IP-Suisse pestizidfreien Weizen konnte nicht durchgeführt werden. Für Kartoffel (Stand: Januar 2022), Raps (Stand: Januar 2022) und Karotten (Stand: Januar 2022) existieren kulturspezifische Produktionsrichtlinien. Die Richtlinien sind unter <https://www.ipsuisse.ch/produzenten/pflanzenbau/> einsehbar.

#### Biologische Produktion

Für die biologische Produktion am Standort Schweiz sind nur jene Wirkstoffe zugelassen, die auf der Betriebsmittelliste<sup>10</sup> des Forschungsinstituts für biologischen Landbau (FiBL) erscheinen (Aktiv-Liste, Ausgabe 1032, Stand: 2021). Für Kulturen, die in anderen EU-Ländern produziert wurden, wurde die «European Input List» des FiBL verwendet (Stand: September 2018)<sup>11</sup>. Die biologische Produktion wurde für alle Kulturen untersucht.

---

<sup>10</sup> Archiv Betriebsmittellisten, <https://www.betriebsmittelliste.ch/info-themen/archiv.html>

<sup>11</sup> «European Input List», <https://www.inputs.eu/> und EU-Verordnung, <http://data.europa.eu/eli/reg/2018/848/oj>

### Demeter

Die Demeter-Produktionsrichtlinien richten sich nach den Richtlinien der biologischen Produktion mit zusätzlichen weiteren Einschränkungen. Diese zusätzlichen Einschränkungen sind in den Anbau-Richtlinien<sup>12</sup> für die Schweiz (Stand: Januar 2021) von Demeter aufgelistet (mehrheitlich Einschränkungen bei Kupfer, Spinosad und Ethylen). Kulturen, die auf europäischer Ebene produziert werden, werden gemäss den internationalen Demeter Richtlinien bewertet (Stand: Oktober 2021)<sup>13</sup>. Das Demeter Standard-/Labelsystem wurde auf die Kulturen Kartoffel, Karotte und Banane angewendet.

### Migros Programm

Für Äpfel gilt das Kernobst-Programm der Migros. Dafür existieren momentan nur interne Dokumente, die aufzeigen, welche PSM bei der Produktion verboten sind (Passiv-Liste, Stand: August 2021). Für Bananen beruhen die Produktionsrichtlinien des Migros-Programms auf den WWF-Standards. WWF wiederum verbietet bei der Produktion von Bananen Wirkstoffe, die

- von der «World Health Organization» (WHO) als «Extremely hazardous (class 1A)» oder «Highly hazardous (class 1B)» klassifiziert werden<sup>14</sup> (Passiv-Liste, Stand: 2019)
- auf der PAN-Liste («Pesticide Action Network International») erscheinen<sup>15</sup> (Passiv-Liste, Stand: März 2021).

Die Richtlinien des WWF gelten kulturunabhängig.

### Fairtrade Max Havelaar

Die Richtlinien von Fairtrade Max Havelaar klassifizieren eine Auswahl an PSM-Produkten als «Hazardous», welche zugleich gemäss den Richtlinien nicht verwendet werden dürfen (Passiv Liste, Stand: Mai 2014)<sup>16</sup>. Dieses Standard-/Labelsystem wurde im Pilotprojekt auf Bananen angewendet. Die Richtlinien gelten kulturunabhängig.

### **2.2.3 Hilfstabellen**

Zur Bewertung der Kulturen waren neben den Rohdaten (Charakterisierungsfaktoren, einzelne PSMV sowie «Farming\_system» Liste) weitere Hilfstabellen nötig, welche im Anhang erläutert sind (Kapitel 9.2). Einige dieser Hilfstabellen dienen als Zuordnungstabellen, die entweder fehlende Informationen ergänzen oder vorhandene Informationen strukturierten respektive zuordnen.

## **2.3 Datenvorbereitung**

Die Aufbereitung der Daten aus dem PSMV, die Berechnung der Proxys von Emissionsfaktoren, die Umrechnung von Kupfer, die Verknüpfung der verschiedenen Informationen respektive Tabellen, die Datenaggregation, die Berechnung des Ökotoxizitätspotenzials sowie die Auswertung der Ergebnisse wurden mithilfe der R-Programmiersprache (R. Core Team, 2021, Version 4.2.0) und der Software «R-Studio» (Team, 2022, Version 2022.2.2.485.2) durchgeführt. Dafür wurden zahlreiche Funktionen in verschiedenen «Packages» verwendet (Müller, 2020; Schauburger & Walker, 2021; Wickham, 2016, 2019; Wickham & Bryan, 2022; Wickham et al., 2022; Wickham & Girlich, 2022; Wickham & Seidel, 2022). Im Anhang werden die einzelnen Berechnungsschritte erläutert.

<sup>12</sup> Demeter Anbau Richtlinien, <https://demeter.ch/richtlinien/>

<sup>13</sup> «The demeter standard», <https://demeter.net/certification/standard/>

<sup>14</sup> «The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and guidelines to classification, 2019 edition», <https://www.who.int/publications/i/item/9789240005662>

<sup>15</sup> «PAN International List of Highly Hazardous Pesticides», <https://pan-international.org/pan-international-consolidated-list-of-banned-pesticides/>

<sup>16</sup> «Fairtrade Hazardous Materials List», <https://www.fairtrade.net/standard/fairtrade-standards>

## 2.4 Berechnung des Ökotoxizitätspotenzials

Das Ökotoxizitätspotenzial wird in der Einheit PAF m<sup>3</sup> Tag ausgewiesen und wird wie folgt beschrieben: «*The unit of the characterization factor for freshwater ecosystem toxicity is potentially affected fraction of species (PAF) at midpoint level [...] integrated over the freshwater volume (m<sup>3</sup>) and the duration of 1 day (d) per kg emission*» (Fantke et al., 2015).

In der erarbeiteten «Methode M-Check PSM» werden für alle im PSMV vorhandenen Wirkstoffe vorerst die Ökotoxizitätspotenziale berechnet und anschliessend die Ökotoxizitätspotenziale für die Kulturen je nach Produktionsrichtlinien aufsummiert (Kapitel 2.5). Aufgrund der teilweise unvollständigen Datenverfügbarkeit werden hier verschiedene Optionen dargestellt, die unterschiedlich viele Informationen aus den PSMV nutzen, um die Ökotoxizitätspotenziale zu berechnen.

Im Idealfall respektive unter der Annahme, alle Informationen wären uneingeschränkt vorhanden, würde sich das Ökotoxizitätspotenzial eines Wirkstoffs  $w$  zur Behandlung einer Kultur  $c$  wie folgt berechnen:

$$\text{Eq. 2 (Idealfall, Datenverfügbarkeit 3): } E_{c,w,h} = CF_{c,w} * A_{c,w,h} * N_{c,w,h}$$

$E_{c,w,h}$ : Schätzung des Ökotoxizitätspotenzials des Wirkstoffs  $w$ , der zur Behandlung der Kultur  $c$  im Land  $h$  verwendet wird (PAF m<sup>3</sup> Tag/ha Kultur)

$CF_{c,w}$ : Anwendungsspezifischer Charakterisierungsfaktor des Wirkstoffs  $w$  zur Behandlung der Kultur  $c$  (PAF m<sup>3</sup> Tag/kg Wirkstoff)

$A_{c,w}$ : Aufwandmenge des Wirkstoffs  $w$  zur Behandlung der Kultur  $c$  im Land  $h$  (kg Wirkstoff/ha)

$N_{c,w}$ : Anzahl möglicher Anwendungen des Wirkstoffs  $w$  zur Behandlung der Kultur  $c$  im Land  $h$

Unter der Annahme limitierter Datenverfügbarkeit wird im ersten Fall das Ökotoxizitätspotenzial mittels des Charakterisierungsfaktors angenähert. Dies entspricht einer einmaligen Anwendung von 1 kg eines Wirkstoffs. In diesem Fall ist die Einheit des Ökotoxizitätspotenzials «PAF m<sup>3</sup> Tag/kg Wirkstoff».

$$\text{Eq. 3 (Datenverfügbarkeit 1): } E_{c,w,h} = CF_{c,w}$$

Im zweiten Fall wird das Ökotoxizitätspotenzial mittels des Charakterisierungsfaktors und einer Einfachanwendung eines PSM-Produkts (das entspricht einer einmaligen Anwendung eines PSM-Produkts oder einer Spritzung) berechnet. Falls für eine Einfachanwendung eine Spannweite angegeben war (z.B. 2 - 5 L/ha), wurde mit der maximalen Aufwandmenge gerechnet (5 L/ha). In diesem Fall ist die Einheit des Ökotoxizitätspotenzials analog zu jener im Idealfall, nämlich «PAF m<sup>3</sup> Tag/ha Kultur».

$$\text{Eq. 4 (Datenverfügbarkeit 2): } E_{c,w,h} = CF_{c,w} * A_{c,w,h}$$

## 2.5 Datenaggregation

Eine Bewertung der Kulturen mit allen vorhandenen Daten aus dem PSMV würde zu einer Überschätzung des Ökotoxizitätspotenzials führen und wäre für den Vergleich zwischen Kulturen nicht korrekt, weil in der Praxis kaum je alle Wirkstoffe gleichzeitig zur Anwendung kommen. So wird zum Beispiel ein Landwirt nur eine Selektion der für seine Kultur und sein Standard-/Labelsystem zugelassenen Wirkstoffe aus dem PSM-Verzeichnis anwenden.

Das Vorgehen ist wie folgt: je nach Problemstellung (Tab. 6 und Tab. 7) werden die Wirkstoffe oder PSM-Produkte im PSMV ausgewählt (Optionen) und die vorab berechneten Ökotoxizitätspotenziale zusammengefasst (Auswahlmöglichkeiten). Anschliessend werden für jede Kultur – Standard-/Labelsystem – Kombination die Ökotoxizitätspotenziale in finale Ökotoxizitätspotenziale aufsummiert. Somit ergibt sich pro Kultur – Standard-/Labelsystem Kombination ein finaler Wert für das Ökotoxizitätspotenzial.

Je nach Problemstellung (Tab. 6 und Tab. 7) eignen sich verschiedene Optionen zur Gruppierung der Daten; folgende sind für das Pilotprojekt von Relevanz und wurden genauer untersucht (Tab. 6 und Tab. 7). Unter Gruppierung der Daten ist hier eine spezifische Auswahl von Daten gemeint.

Tab. 6 Betrachtung der Daten aus dem PSMV auf Ebene *Wirkstoff*. Eine Option entspricht einem definierten Vorgehen, das beschreibt, welche Daten aus dem PSMV zur Schätzung der Ökotoxizität ausgewählt werden.

	Option 1	Option 2
Problem	Die gleichen Wirkstoffe werden für die gleiche Kultur in unterschiedlichen PSM-Produkten in unterschiedlichen Aufwandmengen und damit mit unterschiedlichem Ökotoxizitätspotenzial pro Fläche eingesetzt. Es können nicht alle Einträge im PSMV benutzt werden.	Für die gleiche Kultur existieren im PSMV mehrere Wirkstoffe, die den gleichen Schadorganismus behandeln.
Lösungsansatz	Gruppierung der Daten auf Stufe Wirkstoff, d.h. jeder Wirkstoff wird für jede Kultur einmal eingesetzt.	Gruppierung der Daten auf Stufe Schadorganismus, d.h. jeder Schadorganismus wird in jeder Kultur einmal mit einem Wirkstoff behandelt.
Datenauswahl	Das Ökotoxizitätspotenzial wird für jede eindeutige Kultur – Wirkstoff Kombination zusammengefasst.	Das Ökotoxizitätspotenzial wird für jede eindeutige Kultur – Schadorganismus Kombination zusammengefasst.

Tab. 7 Betrachtung der Daten aus dem PSMV auf Ebene *PSM-Produkt*. Eine Option entspricht einem definierten Vorgehen, das beschreibt, welche Daten aus dem PSMV zur Schätzung der Ökotoxizität ausgewählt wird.

	Option 3	Option 4
Problem	Ein PSM-Produkt wird in der gleichen Kultur gegen unterschiedliche Schadorganismen in unterschiedlichen Mengen und damit mit unterschiedlichen Ökotoxizitätspotenzialen pro Fläche eingesetzt. Es können nicht alle Einträge im PSMV benutzt werden.	Ein Schadorganismus kann durch verschiedene PSM-Produkte behandelt werden. Für die gleiche Kultur existieren im PSMV mehrere PSM-Produkte, die den gleichen Schadorganismus behandeln.
Lösungsansatz	Gruppierung der Daten auf Stufe PSM-Produkt, d.h. jedes PSM-Produkt wird für jede Kultur einmal eingesetzt.	Gruppierung der Daten auf Stufe Schadorganismus, d.h. jeder Schadorganismus wird in jeder Kultur einmal mit einem PSM-Produkt behandelt.
Datenauswahl	Das Ökotoxizitätspotenzial wird für jede eindeutige Kultur – PSM-Produkt Kombination zusammengefasst.	Das Ökotoxizitätspotenzial wird für jede eindeutige Kultur – Schadorganismus Kombination zusammengefasst.

Bei der Gruppierung der Daten mittels der vorgeschlagenen Optionen 1 – 4 (Tab. 6 und Tab. 7) werden Informationen zusammengefasst und die Datenmenge reduziert. Das Zusammenfassen der Informationen (insbesondere der Ökotoxizitäten) kann auf verschiedene Art und Weise erfolgen. Nachfolgend wird dabei von «Auswahlmöglichkeit» gesprochen. Folgende Auswahlmöglichkeiten wurden untersucht, um die Ökotoxizitätspotenziale zusammenzufassen:



- Wirkstoff oder PSM-Produkt mit **minimalem (min)** Ökotoxizitätspotenzial (Eq. 5)

$$\text{Eq. 5: } E_{c,h,p} = \sum_{w=1}^n (\min (E_{c,w,h} * P_{status}))$$

$E_{c,h,p}$  = Aufsummierter Wert für das Ökotoxizitätspotenzial der eindeutigen Kultur-Land-Standard-/Labelsystem-Kombination

$E_{c,w,h}$  = Berechnetes Ökotoxizitätspotenzial gemäss verwendeter Datenverfügbarkeit (siehe Kapitel 2.4)

$P_{status}$  = Zulassungsstatus des Wirkstoffs  $c$  im Produktionssystem  $p$  (1 für zugelassen, 0 für verboten)

- Wirkstoff oder PSM-Produkt mit **maximalem (max)** Ökotoxizitätspotenzial (Eq. 6)

$$\text{Eq. 6: } E_{c,h,p} = \sum_{w=1}^n (\max (E_{c,w,h} * P_{status}))$$

- Median (median)** der Ökotoxizitätspotenziale der Wirkstoffe oder PSM-Produkte (Eq. 7)

$$\text{Eq. 7: } E_{c,h,p} = \sum_{w=1}^n (\text{median} (E_{c,w,h} * P_{status}))$$

- Arithmetisches Mittel (mean)** der Ökotoxizitätspotenziale der Wirkstoffe oder PSM-Produkte (Eq. 8)

$$\text{Eq. 8: } E_{c,h,p} = \sum_{k=E_{c,w,h}}^n (\text{mean}(E_{c,w,h} * P_{status}))$$

- Geometrisches Mittel (geomean)** der Ökotoxizitätspotenziale der Wirkstoffe oder PSM-Produkte (Eq. 9)

$$\text{Eq. 9: } E_{c,h,p} = \sum_{w=1}^n (\text{geomean} (E_{c,w,h} * P_{status}))$$

Im Pilotprojekt wurden alle Optionen und alle Auswahlmöglichkeiten auf das Ökotoxizitätspotenzial respektive die Sternebewertung untersucht.

## 2.6 Umwandlung der finalen Ökotoxizitätspotenziale in ein Sterneranking

Ein zweites Ziel der Pilotstudie war es, die berechneten Ökotoxizitätspotenziale in Sternerankings zu übertragen. Es wurden verschiedene Möglichkeiten von Sternbewertungen hinsichtlich möglicher Unterschiede geprüft. Je kleiner die Umweltwirkung, das heisst je kleiner das Ökotoxizitätspotenzial, desto mehr Sterne wurden vergeben.

Die berechneten finalen Ökotoxizitätspotenziale ergeben eine Spannweite, deren Ausmass davon abhängt, wie viele und welche Kulturen sowie welche Optionen und welche Auswahlmöglichkeiten bei der Datenaggregation berücksichtigt werden. Nachfolgend wird der Begriff «Beobachtung» verwendet. Eine «Beobachtung» entspricht dabei einem finalen Ökotoxizitätspotenzial (rote Rhomben in Abb. 2). Jedes verfügbare finale Ökotoxizitätspotenzial respektive jede «Beobachtung» wird in ein Sterneranking umgewandelt.

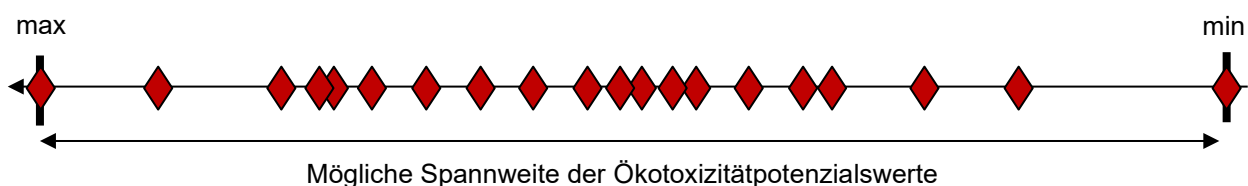


Abb. 2 Beispiel von 20 finalen Ökotoxizitätspotenzialen (rote Rhomben) von 20 Kultur – Standard-/Label-system Kombinationen. Max = höchstes, min = tiefstes Ökotoxizitätspotenzial.

**Sternensystem 1: Verteilung der logarithmischen Ökotoxizitätswerte in gleich grosse Bereiche**

Von den finalen Ökotoxizitätspotenziale wird vorerst der Logarithmus bestimmt, um die grosse Spannweite der Werte auszugleichen. Die logarithmierten Werte (einzelne Beobachtungen, rote Rhomben) werden anschliessend der Grösse nach geordnet. Ausgehend vom minimalen und maximalen Wert werden fünf gleich grosse Ökotoxizitäts-Bereiche auf der logarithmierten Skala (Bereiche mit Distanz «a», Abb. 3) definiert und die Grenzen der Bereiche gesetzt (fett markierte vertikale Striche, Abb. 3).

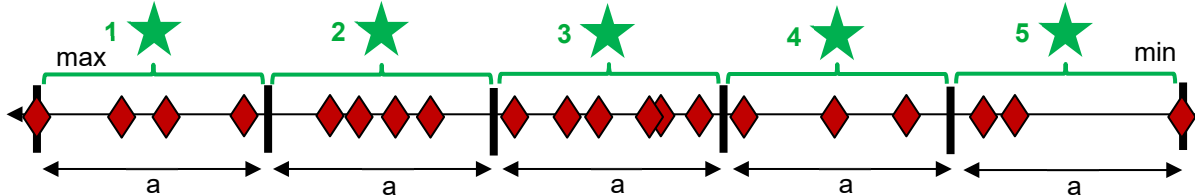


Abb. 3 Verteilung der 20 logarithmischen Ökotoxizitätswerte in gleich grosse Bereiche (5 Gruppen mit Distanz «a»).

**Sternensystem 2: Einteilung der Ökotoxizitätswerte in gleich grosse Gruppen (gleiche Anzahl Beobachtungen)**

Ausgehend von der Anzahl Beobachtungen werden fünf gleich grosse Gruppen mit je 20% der Beobachtungen erstellt. Im Falle von 20 Beobachtungen werden für fünf Gruppen also jeweils vier Beobachtungen (rote Rhomben) zugeordnet (Abb. 4). Die Ökotoxizitäts-Bereiche werden in diesem System also über die Gruppengrösse gesteuert. Je nach Anzahl und Ökotoxizitätswert der verfügbaren Beobachtungen variiert die Distanz innerhalb der Bereiche (a-e).

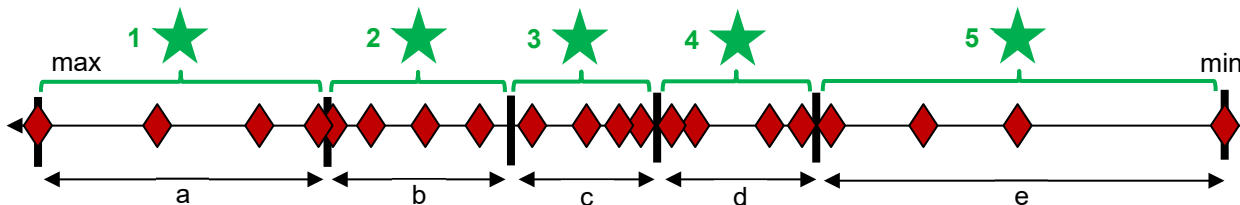


Abb. 4 Aufteilung der 20 Beobachtungen auf 5 gleich grosse Gruppen (a – e) à 4 Beobachtungen.

**Sternensystem 3: Einteilung der Ökotoxizitätswerte in Gruppen mit unterschiedlichen Gruppengrössen (unterschiedliche Anzahl Beobachtungen) analog zu M-Check Klima<sup>17</sup>**

Unabhängig der Gruppengrösse werden alle Beobachtungen in fünf Gruppen eingeteilt. Die Einteilung der Beobachtungen in die Gruppen erfolgt dabei mit einem vorgegebenen Muster, welches abhängig vom berechneten Perzentil der Beobachtungen ist (Abb. 4). Unter einem Perzentil versteht man «eine statistische Grösse, die die Position eines Wertes mit anderen Werten eines Kollektivs vergleicht»<sup>18</sup>. Für den M-Check Klima wurde bereits ein Muster entwickelt. Die schlechtesten 50% der Beobachtungen erhalten einen Stern. Die andere Hälfte erhält zwischen zwei und fünf Sterne. 25% der Beobachtungen erhalten zwei Sterne, 15% erhalten 3 Sterne und je 5% erhalten vier respektive fünf Sterne. Das heisst, dass lediglich die besten 5% der Beobachtungen mit fünf Sternen ausgelobt werden.

Im Falle einer Implementierung des Sternensystem 3 ist es sinnvoll, analog wie beim M-Check Klima, die Klassengrenzen zwischen den Sternen (schwarze Balken in Abb. 5) für die Ökotoxizitätspotenziale festzulegen, so dass sich eine Stabilität im Sternensystem etabliert.

<sup>17</sup> M-Check Klima, <https://corporate.migros.ch/de/nachhaltigkeit/nachhaltige-produkte/tipps-tricks/m-check/klima.html>

<sup>18</sup> Öffentliches Gesundheitsportal Österreichs, <https://www.gesundheit.gv.at/lexikon/P/perzentile.html>

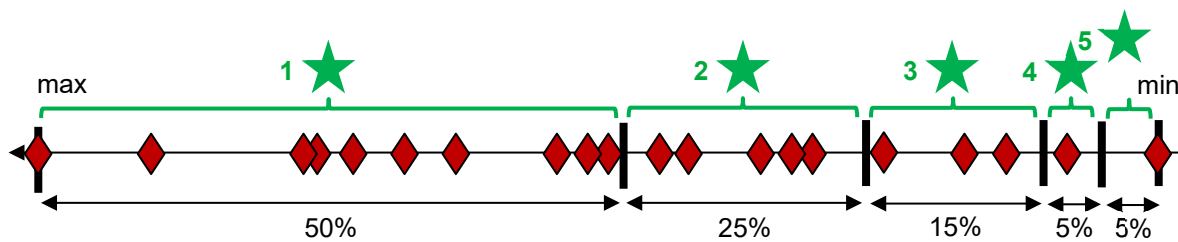


Abb. 5 Aufteilung der 20 Beobachtungen auf 5 Gruppen mit unterschiedlicher Gruppengröße (abhängig vom Perzentil, 50%-25%-15%-5%-5%).

Im Pilotprojekt wurden alle Sternensysteme auf ihre Vor- und Nachteile untersucht. Es wurde ebenfalls geprüft, ob es aus naturwissenschaftlicher Sicht eine Präferenz hinsichtlich eines Sternensystems gibt.

## 2.7 Plausibilisierung der «Methode M-Check PSM»

Eine Plausibilisierung der erarbeiteten «Methode M-Check PSM» ist nötig, da das Ökotoxizitätspotenzial von Nahrungsmitteln mittels der hier präsentierten «Methode M-Check PSM» lediglich auf Daten aus dem PSMV geschätzt wird, und diese Schätzung anschliessend in ein Stern ranking überführt wird. Es stellt sich die Frage, inwieweit sich die Schätzung des Ökotoxizitätspotenzials respektive die Bewertung der Nahrungsmittel bei genauerer Kenntnis des PSM-Einsatzes unterscheidet. Die Plausibilisierung beruht also auf dem Vergleich der berechneten Ökotoxizitätspotenziale von realen Daten (AUI) (siehe nächster Abschnitt) mit berechneten Ökotoxizitätspotenzialen von potenziell möglichen eingesetzten PSM aus dem PSMV.

### 2.7.1 AUI-Daten

Das Kompetenzzentrum Agrarumweltindikatoren (AUI) von Agroscope erhebt «*einfach verständliche, umweltrelevante Grösse, um komplexe Umweltsysteme darzustellen*»<sup>19</sup> auf einzelbetrieblicher Ebene.

Die AUI-Daten erfassen neben zahlreichen weiteren Indikatoren den Einsatz von PSM auf Parzellenebene. Für die vorhandenen Betriebe sind die einzelnen PSM-Ausbringungen detailliert dokumentiert. Die AUI-Daten beinhalten u.a. folgende Informationen:

- Betriebs- sowie Parzellennummer
- Kulturen und Kulturgruppen
- Ausgebrachte PSM-Produkte respektive darin enthaltene Wirkstoffe
- CAS-Nr. der Wirkstoffe
- Aufwandmengen ausgebrachter PSM-Produkte und Wirkstoffe
- Produktionsrichtlinien, nach denen der Betrieb arbeitet (ÖLN und Bio)

Die AUI-Daten werden in diesem Pilotprojekt zum Zweck der Methodenplausibilisierung verwendet.

### 2.7.2 Vorbereitung der AUI-Daten

Die Emissionsfaktoren werden analog zur Vorbereitung der PSMV (Kapitel 9.3.2) über die CAS-Nr. an die AUI-Daten angefügt und die kultur- und anwendungsspezifischen Charakterisierungsfaktoren mittels der Information zu den Kulturen und den «OLCA-Pest» Szenarien berechnet. Die kupferhaltigen Wirkstoffe werden in Kupfer als Metall umgerechnet. Da die Aufwandmengen pro Wirkstoff bereits in den AUI-Daten enthalten sind, erübrigt sich eine Berechnung dafür.

<sup>19</sup> Zentrale Auswertung von Agrarumweltindikatoren (ZA-AUI),

<https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/umwelt-ressourcen/monitoring-analytik/agrarumweltindikatoren.html>

Die AUI-Daten enthalten alle Daten, um die Ökotoxizitätspotenziale im Idealfall gemäss der im Kapitel 2.4 angegebenen Gleichung (Eq. 2) zu berechnen. Für die Plausibilisierung wurden lediglich diese Werte berücksichtigt.

Die AUI-Daten werden wie folgt aggregiert: Für jeden Betrieb und jede Kultur werden die Ökotoxizitätspotenziale gleicher Wirkstoffe auf Parzellenebene aufsummiert. Anschliessend werden für jede Wirkstoffe – Kultur – Standard-/Labelsyst. Kombination die Ökotoxizitätspotenziale gemäss den Auswahlmöglichkeiten (min, max, mean, geoMean, median) auf Parzellenebene zusammengefasst. Die berechneten Ökotoxizitätspotenziale werden dann für jede Kultur – Standard-/Labelsyst. Kombination analog zum Vorgehen bei den PSMV-Daten in finale Ökotoxizitätspotenziale aufsummiert.

Beispiel: Auf Parzelle A wurde zur Behandlung der Kultur Y zu zwei Zeitpunkten 10 g und 20 g eines Wirkstoffs Z ausgebracht. Die Ökotoxizitätspotenziale des Wirkstoffs Z beträgt 400 PAF m<sup>3</sup> Tag/ha resp. 800 PAF m<sup>3</sup> Tag/ha. Die total ausgebrachte Menge und das finale Ökotoxizitätspotenzial von Wirkstoff Z beträgt also 30 g respektive 1'200 PAF m<sup>3</sup> Tag/ha für Parzelle A. Auf Parzelle B beträgt die Ökotoxizität von Wirkstoff Z beispielsweise 600 PAF m<sup>3</sup> Tag/ha. Auf Parzellenebene beträgt das durchschnittliche Ökotoxizitätspotenzial von Wirkstoff Z also 900 PAF m<sup>3</sup> Tag/ha.

Die Umwandlung der Ökotoxizitätspotenziale in Sternenrankings erfolgt analog zum Vorgehen wie beschrieben in Kapitel 2.6.

### 2.7.3 Ebenen der Plausibilisierung

Bei der Plausibilisierung werden die Sternenresultate basierend auf der Datengrundlage der PSMV mit jenen basierend auf der Datengrundlage der AUI-Daten verglichen.

Für die AUI-Daten sind reelle Daten vorhanden und die Ökotoxizitätspotenziale können detailliert berechnet werden (siehe Kapitel 2.7.2). Für die PSMV-Daten werden die Ökotoxizitätspotenziale auf drei Ebenen gemäss den verschiedenen Datenverfügbarkeiten berechnet und gemäss Option 1 (Gruppierung nach Wirkstoffen) und der Auswahlmöglichkeit geometrisches Mittel aggregiert. Die Ökotoxizitätspotenziale werden mittels dem Sternensystem 3 in Sterne überführt.

- Für **Ebene 1** werden die Ökotoxizitätspotenziale mit Daten aus dem Schweizer PSMV mittels Datenverfügbarkeit 1 (lediglich Charakterisierungsfaktor, Kapitel 2.4, Eq. 3) berechnet
- Für **Ebene 2** werden die Ökotoxizitätspotenziale mit Daten aus dem Schweizer PSMV mittels Datenverfügbarkeit 2 (Charakterisierungsfaktor\*Aufwandmenge einer Einfachapplikation, Kapitel 2.4, Eq. 4) berechnet
- Für **Ebene 3** wurden die Ökotoxizitätspotenziale mit Daten aus dem Schweizer PSMV mittels Datenverfügbarkeit 3 (Charakterisierungsfaktor\*Aufwandmenge einer Einfachapplikation\*Anzahl Anwendungen, Kapitel 2.4, Eq. 2) berechnet. Ebene 3 der Plausibilisierung wird lediglich als Sensitivitätsanalyse und zum Zweck der Plausibilisierung durchgeführt. Die Anzahl Anwendungen von PSM wird aus dem französischen PSMV übernommen.

Es fliessen lediglich die Sternenresultate von Schweizer Kulturen in die Plausibilisierung mit ein, da nur hier zuverlässige Daten vorhanden sind. Es werden insgesamt weniger Kultur-Land-Standard-/Labelsyst. Kombinationen bewertet und eine kleinere Gruppe an Beobachtungen betrachtet als in der Hauptanalyse. Da das Sternensystem sensitiv auf die Anzahl Beobachtungen respektive die Gruppengrösse reagiert, wirkt sich dies auf die Sternenbewertung aus. Aus diesem Grund weicht die Sternenbewertung in der Plausibilisierung von der Sternenbewertung in der Hauptanalyse ab.

Der Einfluss der Ebenen wirkt sich lediglich auf das Sternenranking der Kulturen, das auf Daten aus dem PSMV basiert, aus, nicht aber wenn AUI-Daten zugrunde liegen. Für die AUI-Daten werden die bewerteten Kulturen unabhängig von der Datenverfügbarkeit für alle Ebenen konstant aggregiert.

## 3 Resultate

Das Resultate Kapitel wird in drei Teile strukturiert.

1. In der **Voranalyse** wird eine Zusammenfassung der für dieses Projekt relevanten Informationen aus den PSMVs der Schweiz, Frankreich und Costa Rica gegeben. Ausserdem werden die Sternenresultate aller aufgeführten Möglichkeiten zur Datenaggregation auf Ökotoxizitätsebene (Optionen 1 bis 4 sowie fünf Auswahlmöglichkeiten, Kapitel 2.5) und der verschiedenen Sternensysteme (Kapitel 2.6) für die untersuchten Schweizer Kulturen im ÖLN vorgestellt.
2. In der **Hauptanalyse** werden die Sternenresultate für alle Kulturen und Länder gezeigt. Dabei liegt der Fokus auf der Datenaggregation der Ökotoxizitätspotenziale (Kapitel 2.5) gemäss Option 1 und der Auswahlmöglichkeit geometrisches Mittel. Die Ökotoxizitätspotenziale werden gemäss Sternensystem 3 (Kapitel 2.6) in Sterne umgewandelt. Die Begründung für diese Auswahl wird am Ende des Kapitels 3.1 gegeben.
3. Da für den M-Check PSM nur vereinfachte Daten aus den PSMV verwendet werden, um die Ökotoxizität von Kulturen abzuschätzen und daraus ein Sternenranking abzuleiten, werden die Sternenresultate plausibilisiert. Bei der **Plausibilisierung** wird die erarbeitete «Methode M-Check PSM» einerseits auf den Daten aus dem PSMV sowie auf den verfügbaren, erhobenen AUI-Daten angewendet und die Sternenresultate für die verschiedenen Datenverfügbarkeiten ausgewertet. Die Daten aus dem PSMV werden analog zur Hauptanalyse aggregiert.

### 3.1 Voranalyse

Die berechneten Ökotoxizitätspotenziale für die in diesem Pilotprojekt untersuchten Kulturen in den verschiedenen Ländern beruht abhängig vom Standard-/Labelsystem auf der Bewertung von 5 bis 135 Wirkstoffen (Tab. 8). Innerhalb gleicher Kulturen wurden dabei für die Standard-/Labelsysteme «Bio» und «Demeter» weniger Wirkstoffe bewertet als bei den übrigen Standard-/Labelsystemen (Tab. 8). Für das Standard-/Labelsystem «Konventionell» (in der Schweiz analog zu ÖLN) wurden für alle Kulturen zur Berechnung der Ökotoxizitätspotenziale am meisten Wirkstoffe bewertet (Tab. 8).

Bei den Kulturen Banane, Apfel und Weizen sind gemäss dem PSMV der drei untersuchten Länder am meisten PSM-Produkte zugelassen (Tab. 8). Bei der Kultur «Apfel» werden zurzeit am meisten unterschiedliche Schadorganismen behandelt (Tab. 8).

Tab. 8 Zusammenfassung relevanter Informationen aus den PSMV.

Land	Kultur	Bio	Demeter	IP-Suisse	Konventionell	Max Havelaar	Migros	Anzahl bewerteter PSM-Produkte	Anzahl angegebener Schadorganismen
		Anzahl bewerteter Wirkstoffe je Standard-/Labelsystem							
Schweiz	Apfel	19		121	124		119	599	70
	Karotte	5	5	18	18			101	13
	Kartoffel	9	8	75	109			534	32
	Raps	5		25	81			320	28
	Weizen	5		46*	135			571	42
	Zuckerrübe	5		41	78			308	33
Frankreich	Apfel	16			104			375	59
	Karotte	13			67			201	36
	Kartoffel	14			84			277	33
	Raps	7			76			284	32
	Weizen	10			101			454	34
	Zuckerrübe	5			44			141	14
Costa Rica	Banane	6	6		115	105	75	755	NA

\*: bei IP-Suisse wurde Weizen extenso bewertet

Abb. 6 und Abb. 7 zeigen die Sternenresultate aller untersuchten Optionen und Auswahlmöglichkeiten für die drei Sternensysteme abhängig von den Datenverfügbarkeiten. Für die Voranalyse wurden nur Schweizer Kulturen im Standard-/Labelsystem ÖLN berücksichtigt.

In Abb. 6 werden lediglich die Charakterisierungsfaktoren zur Berechnung der Ökotoxizitätspotenziale der Kulturen verwendet, worauf sich wiederum die Sternenbewertung stützt.

Unabhängig von allen untersuchten Optionen zeigt sich, dass die Kultur «Karotte» grösstenteils mit 5 Sternen bewertet wird. Mit Ausnahme von Option 3 (Gruppierung nach PSM-Produkt und Kultur) wird die Zuckerrübe oftmals schlechter bewertet als die anderen Kulturen. Der Apfel erhält oftmals zwischen 2 und 4 Sterne.

Beim Sternensystem 1 (Log-Bereiche) ist die Sternenbewertung – unabhängig von der Kultur, den Optionen und den Auswahlmöglichkeiten – etwas höher als im Sternensystem 3 (fixe Perzentile), wo gemäss dem System unabhängig von den Ökotoxizitätspotenzialen definitionsgemäss feststeht, dass die Hälfte der Beobachtungen mit einem Stern bewertet werden.

Eine Differenzierung der Sternenresultate nach den verschiedenen Optionen ist nicht eindeutig erkennbar. Es zeigt sich lediglich eine Tendenz, dass sich bei einigen Kulturen wie z.B. der Zuckerrübe und der Kartoffel die Option 1 von der Option 2 bzw. die Option 3 von der 4. unterscheiden.

Die Auswahlmöglichkeiten zeigen innerhalb gleicher Optionen mit Ausnahme der Auswahl des «minimalen Ökotoxizitätspotenzials» lediglich wenig Differenzen in der Bewertung.

In Abb. 7 wurden zusätzlich zu den Charakterisierungsfaktoren die Aufwandmengen einer Einfachapplikation (= Annahme einer einmaligen Verwendung des PSM-Produkts) bei der Berechnung der Ökotoxizitätspotenziale berücksichtigt.

Unabhängig von allen berücksichtigten Optionen zeigt sich hier ein etwas anderes Bild. Anstelle der «Karotte» wird mehrheitlich die Kultur «Raps» mit 5 Sternen bewertet. Ebenfalls werden die Kulturen «Weizen» und «Zuckerrüben» besser bewertet (es werden mehr Sterne vergeben) als in Abb. 6. Es gibt also eine gewisse Verschiebung der Bewertung hinsichtlich der Kulturen «Raps», «Weizen» und «Zuckerrübe». Der «Apfel» erhält nur noch für die Optionen 3 (Gruppierung nach PSM-Produkt) und 4 (Gruppierung nach PSM-Produkt und Kultur) zwischen zwei und vier Sternen.

Eindeutige Differenzen zwischen den Sternensystemen sind analog zu Abb. 6 auch hier schwierig zu erkennen. Dasselbe gilt für die Auswahlmöglichkeiten: lediglich für das «Minimum» und das «Maximum» gibt es gewisse Verschiebungen der Bewertungen.

Für die Hauptanalyse wurde zur Eingrenzung der Sternenresultate der Fokus auf die nachfolgende Auswahl gelegt. Aus naturwissenschaftlicher Sicht sind nachfolgende Parameter geeignet, um auf das Ökotoxizitätspotenzial der Nahrungsmittel zu schliessen

- Es wurde **Option 1** (Gruppierung nach eindeutigen Wirkstoffen) berücksichtigt, damit die einzelnen Wirkstoffe jeweils nur einmal für jede Kultur bewertet und allfällige mögliche Doppelzählungen ausgeschlossen werden. Ausserdem sind für alle untersuchten Kulturen alle nötigen Informationen zur Datenaggregation gemäss Option 1 vorhanden.
- Es wurde das **geometrische Mittel** gewählt, um die Ökotoxizitätspotenziale zusammenzufassen, da es weniger anfällig auf sehr tiefe und sehr hohe Ökotoxizitätspotenziale reagiert.

Die Umwandlung der Ökotoxizitätsresultate in Sterne erfolgt aus Konsistenzgründen zum M-Check Klima gemäss **Sternensystem 3** (fixe Perzentile). Dies wurde in Absprache mit dem MGB festgelegt.

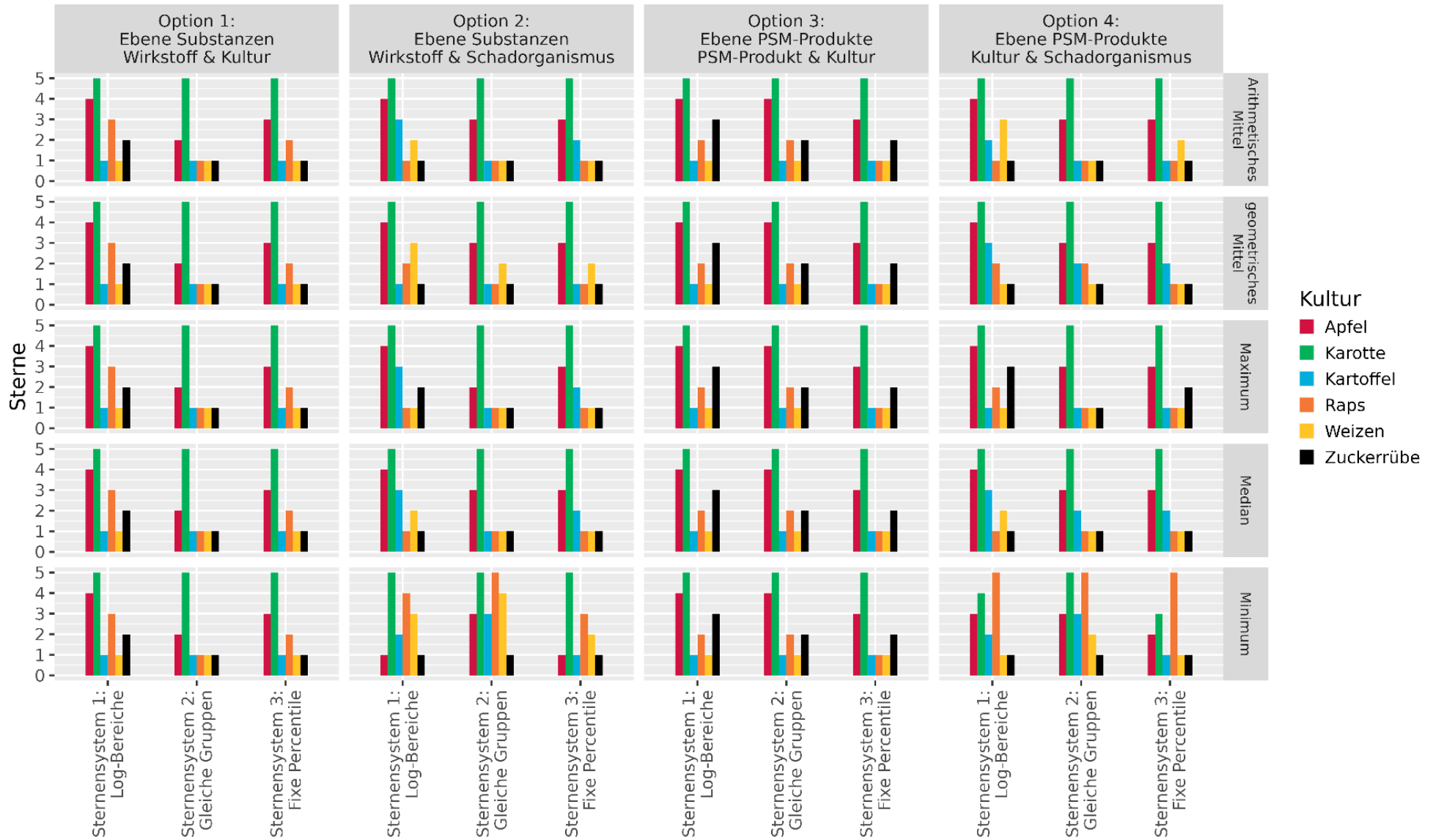


Abb. 6 Berechnete Sternenresultate basierend auf den berechneten Ökotoxizitätspotenzialen mit **Datenverfügbarkeit 1** für Kulturen aus der Schweiz. Die Abbildung zeigt alle untersuchten Optionen (1-4), Auswahlmöglichkeiten und Sternensysteme.



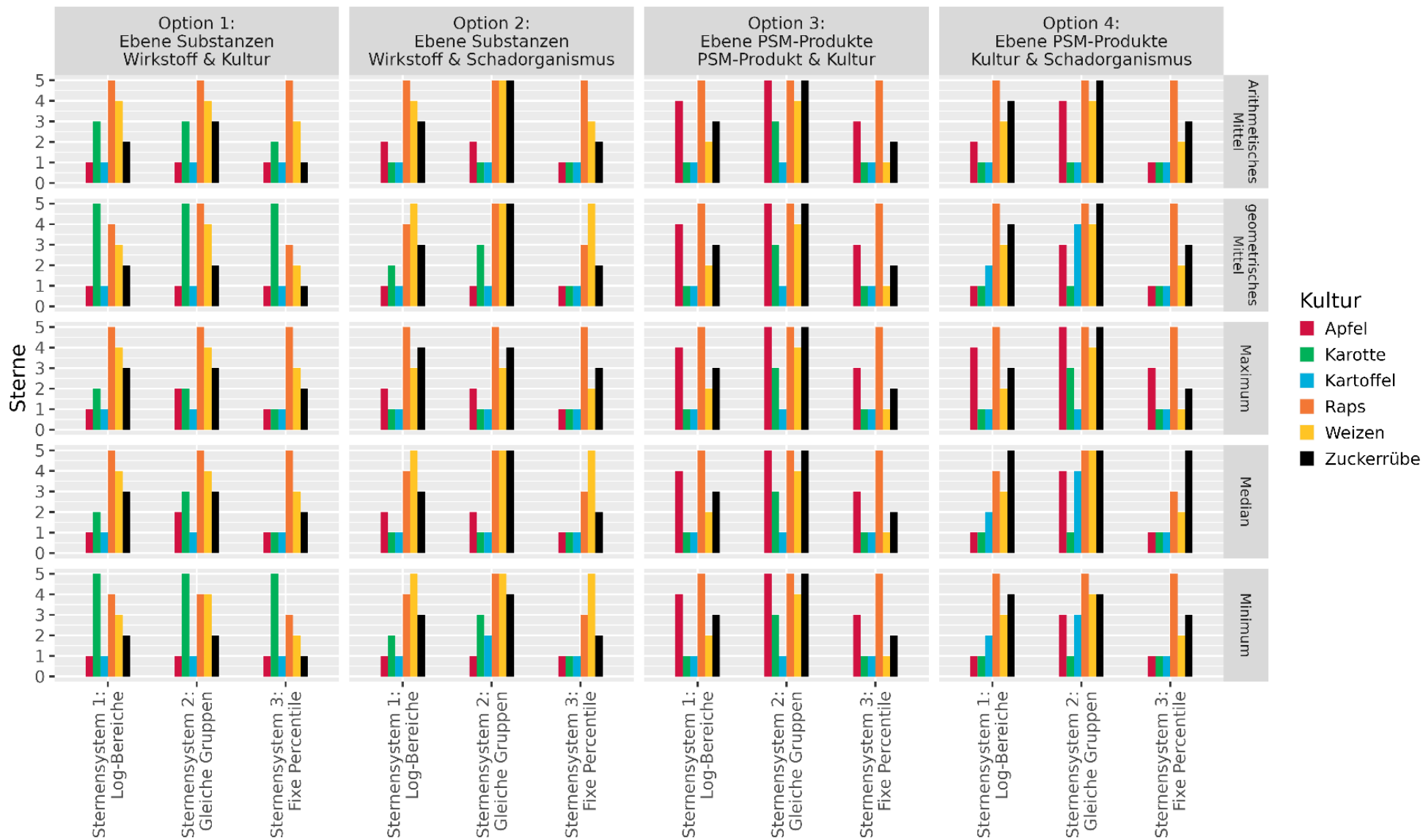


Abb. 7 Berechnete Sternenresultate basierend auf den berechneten Ökotoxizitätspotenzialen mit **Datenverfügbarkeit 2 für Kulturen aus der Schweiz**. Die Abbildung zeigt alle untersuchten Optionen (1-4), Auswahlmöglichkeiten und Sternensysteme.

## 3.2 Hauptanalyse

Basierend auf den vorgestellten Möglichkeiten zur Datenaggregation und der begründeten Auswahl im Kapitel zuvor, werden für Datenverfügbarkeiten 1 + 2 die Sternenresultate der untersuchten Kulturen je Standard-/Labelsystem gezeigt (Tab. 9). Für die Banane aus Costa Rica sind bei der Datenverfügbarkeit 2 keine Informationen zur Aufwandmenge vorhanden und eine Sternenbewertung folglich nicht möglich (fehlende Werte als «not available» (NA) ausgewiesen).

Tab. 9 Sternenresultate aller sieben untersuchten Kulturen im Pilotprojekt.

		Option 1 (Ebene Wirkstoffe: Kultur & Wirkstoff), Geometrisches Mittel, Sternensystem 3											
		Datenverfügbarkeit 1					Datenverfügbarkeit 2						
Land	Kultur	Bio	Demeter	IP-Suisse	Konventionell	Max Havelaar	Migros	Bio	Demeter	IP-Suisse	Konventionell	Max Havelaar	Migros
Schweiz	Apfel	3		2	2		2	4		1	1		1
	Karotte	5	5	3	3			3	3	2	2		
	Kartoffel	2	3	1	1			1	3	1	1		
	Raps	5		2	1			5		2	2		
	Weizen	3		1*	1			4		2*	1		
	Zuckerrübe	5		2	1			5		2	1		
Frankreich	Apfel				1			2			1		
	Karotte				1			1			1		
	Kartoffel				1			1			1		
	Raps				1			2			1		
	Weizen				1			3			1		
	Zuckerrübe				1			1			1		
Costa Rica	Banane	2	2		1	1	2	NA	NA		NA	NA	NA

\*: Bei IP-Suisse wurde Weizen extenso bewertet

Auf Ebene Standard-/Labelsystem erhalten die Systeme «Bio» und «Demeter» die meisten Sterne unabhängig von der Kultur und der Datenverfügbarkeit. Bei der konventionellen Produktion erhält die Schweizer «Karotte» und der Schweizer «Raps» eine etwas bessere Sternenbewertung als die anderen Kulturen. Je nach Kultur und Datenverfügbarkeit erreichen die Standard-/Labelsysteme «IP-Suisse» und das «Migros-Programm» zwischen einem und drei Sternen. Alle konventionell hergestellten Nahrungsmittel ausserhalb der Schweiz wurden mit einem Stern bewertet.

Zwischen den Ländern zeigt sich eine klare Tendenz einer höheren Sternebewertung für Schweizer Kulturen. Zwischen den Kulturen und Ländern sticht insbesondere die «Karotte» mit einer tieferen Sternenbewertung hervor. Französischer «Weizen» schneidet mit drei Sternen unter den biologischen Richtlinien der EU am besten ab. Mit der erarbeiteten «Methode M-Check PSM» würde pestizidfreier Weizen mit 5 Sternen bewertet werden aufgrund des totalen Verzichtes von PSM.

Zwischen den Sternenresultaten aus Datenverfügbarkeit 1 und 2 zeigen sich nur kleinere Differenzen. Mit Datenverfügbarkeit 2 erreicht die «Karotte» im Vergleich zu Datenverfügbarkeit 1 keine fünf Sterne. «Weizen» wird für «Bio» und «IP-Suisse» mit Datenverfügbarkeit 2 etwas höher bewertet als mit Datenverfügbarkeit 1.

### 3.3 Plausibilisierung der Sternenresultate

Für die Plausibilisierung der in diesem Bericht erarbeiteten «Methode M-Check PSM» zur Sternenbewertung kommen einerseits PSMV-Daten und andererseits AUI-Daten zur Anwendung. Dabei werden die Sternenresultate miteinander verglichen und Differenzen erläutert.

Auf Ebene 1 wird die Sternenbewertung basierend auf PSMV-Daten betrachtet, die über die geschätzten Ökotoxizitätspotenziale mittels Datenverfügbarkeit 1 bereitgestellt wurden (Abb. 8).

Der Vergleich der Sternenresultate zwischen den beiden Datenquellen zeigt, dass die Hälfte der untersuchten Kultur-Standard-/Labelsystem Kombinationen (6 von 12) unabhängig von der Datengrundlage mit der gleichen Anzahl Sterne bewertet werden (Abb. 8). Der «Apfel» im System «Bio» wird beispielsweise mit Datengrundlage «AUI» und «PSMV» jeweils gleich, das heisst mit zwei Sternen, bewertet. Die grössten Differenzen in der Sternenbewertung verzeichnen die Kulturen «Raps» und «Weizen» im biologischen Standard-/Labelsystem. «Raps» wird gemäss den Daten aus dem PSMV mit drei Sternen mehr resp. besser bewertet. Umgekehrt wird die Kultur «Weizen» mit PSMV-Daten schlechter bewertet als mit AUI-Daten. Für die Kulturen «Karotte» («ÖLN» und «Bio»), «Zuckerrübe» («Bio») und «Weizen» («ÖLN») beträgt die Differenz in der Sternenbewertung einen Stern.

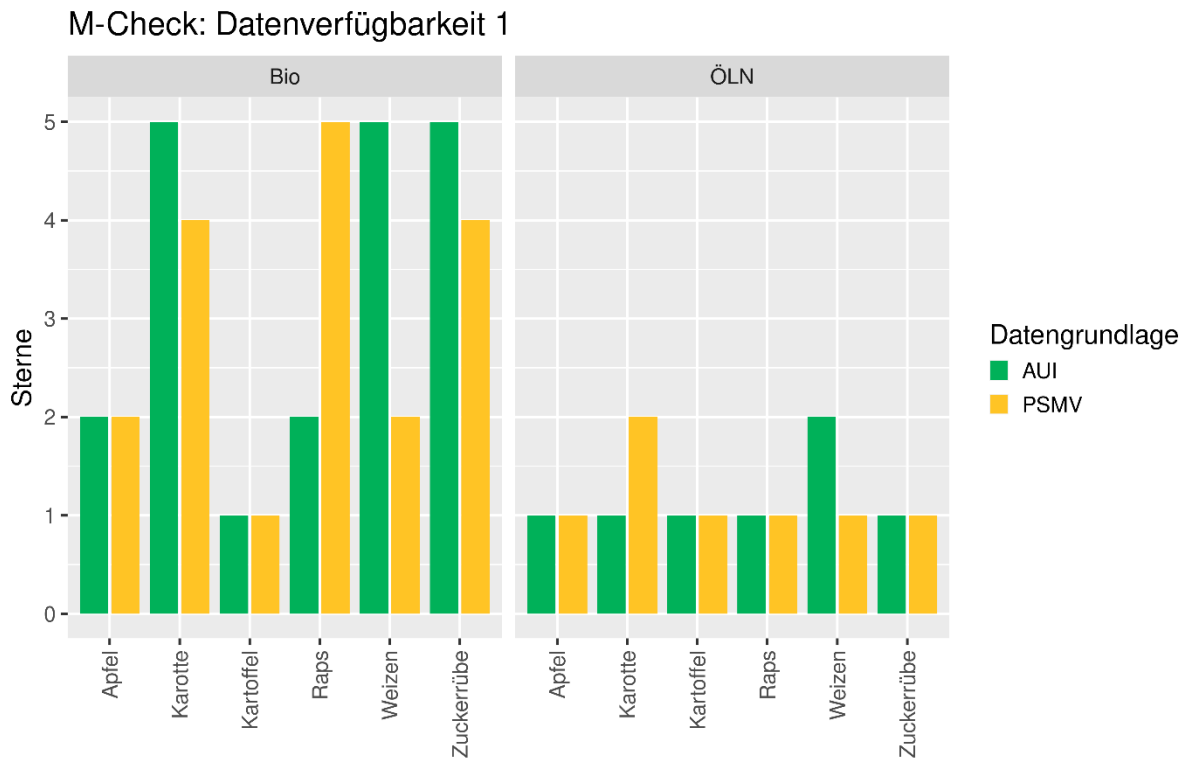


Abb. 8 Ebene 1 der Plausibilisierung: Vergleich der Sternbewertung der Kulturen für verschiedene Datengrundlagen. Für Ebene 1 wurden die Ökotoxizitätspotenziale mit Daten aus dem Schweizer PSMV mittels Datenverfügbarkeit 1 (lediglich Charakterisierungsfaktor, Eq. 3) berechnet (gelbe Säulen). Für AUI-Daten wurden alle vorhandenen Informationen (Idealfall, Eq. 2) zur Berechnung der Ökotoxizitätspotenziale verwendet (grüne Säulen).

Auf Ebene 2 wird die Sternenbewertung auf PSMV-Daten betrachtet, die über die geschätzten Ökotoxizitätspotenziale mittels Datenverfügbarkeit 2 bereitgestellt wurden (Abb. 9).

Im Vergleich zur Plausibilisierung auf Ebene 1 (Abb. 8) werden mehr als die Hälfte der untersuchten Kultur-Standard-/Labelsystem-Kombinationen (7 von 12) unabhängig der Datengrundlage mit der gleichen Anzahl Sterne bewertet (Abb. 9). Fünf der Kombinationen weisen Differenzen in der Sternenbewertung auf. Analog zu Ebene 1 (Abb. 8) wird die grösste Differenz in der Sternenbewertung für die Kultur «Raps» im biologischen Standard-/Labelsystem verzeichnet. Hier werden basierend auf der AUI-Datengrundlage drei zusätzliche Sterne vergeben. Bei der «Karotte» ist es erneut umgekehrt: hier führt die Bewertung über das PSMV zu einer schlechteren Bewertung. Für die Kulturen «Zuckerrübe» und «Weizen» im biologischen Standard-/Labelsystem beträgt die Differenz in der Sternenbewertung ein Stern.

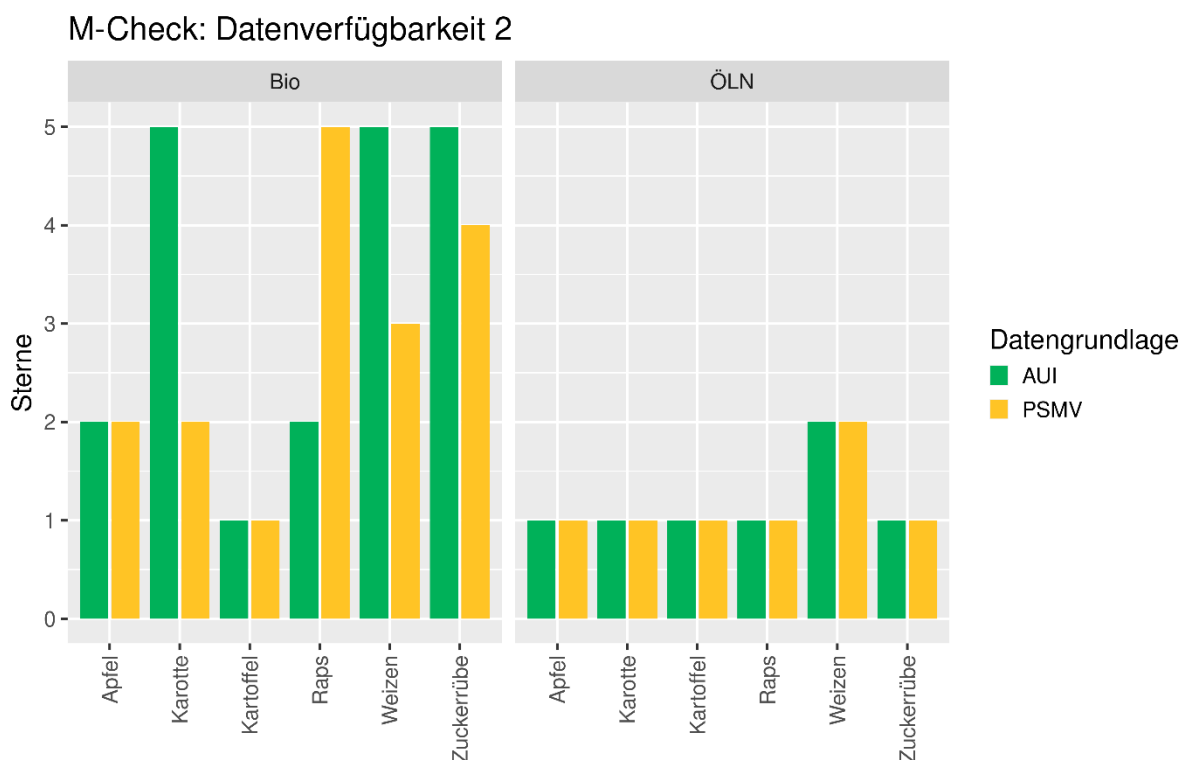


Abb. 9 Ebene 2 der Plausibilisierung: Vergleich der Sternenbewertung der Kulturen verschiedener Datengrundlagen. Für Ebene 2 wurden die Ökotoxizitätspotenziale mit Daten aus dem Schweizer PSMV mittels Datenverfügbarkeit 2 (Charakterisierungsfaktor\**Aufwandmenge einer Einfachapplikation*, Eq. 4) berechnet (gelbe Säulen). Für AUI-Daten wurden alle vorhandenen Informationen (Idealfall, Eq. 2) zur Berechnung der Ökotoxizitätspotenziale verwendet (grüne Säulen).

Auf Ebene 3 wird die Sternenbewertung basierend auf PSMV-Daten betrachtet, die über die geschätzten Ökotoxizitätspotenziale mittels Datenverfügbarkeit 3 bereitgestellt wurden (Abb. 10).

Im Vergleich zur Plausibilisierung auf Ebene 2 (Abb. 9) erhalten hier 8 von 12 Kultur-Standard-/Labelsystem-Kombinationen unabhängig von der Datengrundlage das gleiche Sternenresultat. Das Muster ist analog zur Bewertung auf Ebene 2. Die Zuckerrübe im biologischen Standard-/Labelsystem erhält auf Ebene 3 gleich viel Sterne, wohingegen auf Ebene 2 eine Differenz von einem Stern besteht. Ebenso verringert sich die Differenz in der Bewertung bei der Kultur «Raps». Der Unterschied in der Sternenbewertung auf Ebene 3 beträgt nur noch zwei und nicht mehr drei Sterne wie auf Ebene 2.

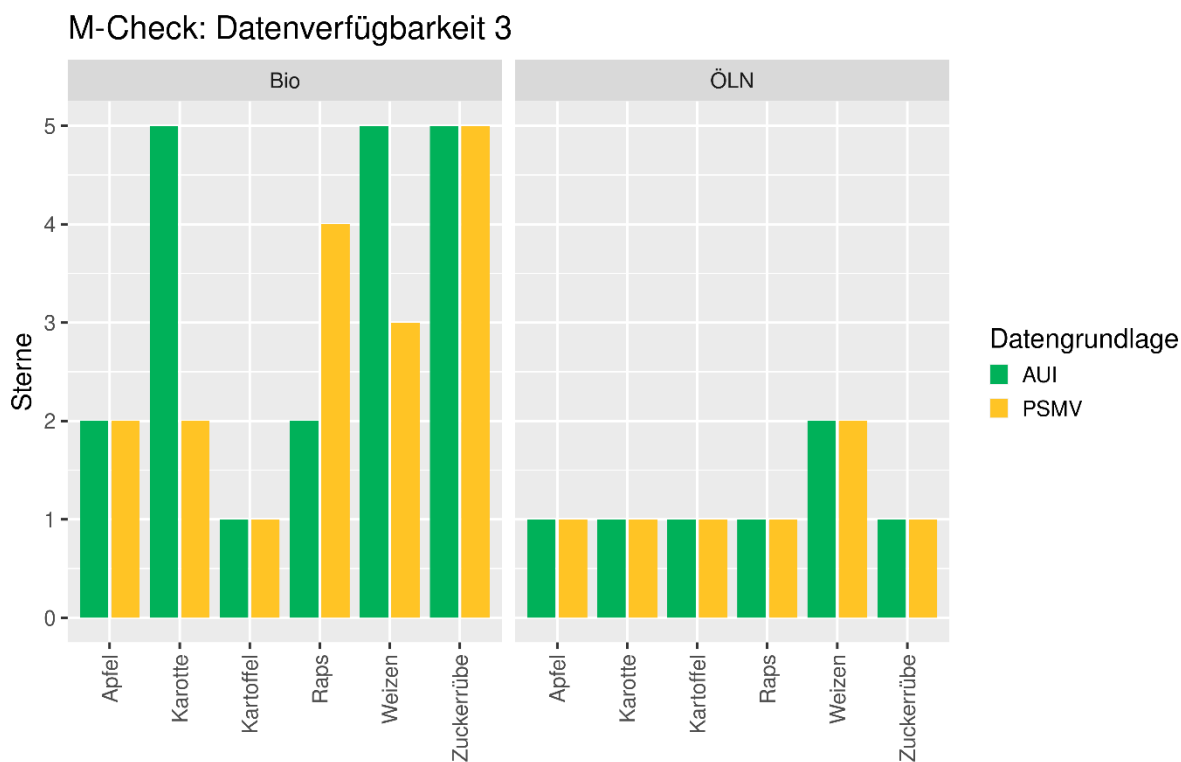


Abb. 10 Ebene 3 der Plausibilisierung: Vergleich der Sternenbewertung der Kulturen verschiedener Datengrundlagen. Für Ebene 3 wurden die Ökotoxizitätspotenziale mit Daten aus dem Schweizer PSMV mittels Datenverfügbarkeit 3 (Charakterisierungsfaktor\*Aufwandmenge einer Einfachapplikation\*Anzahl Anwendungen) berechnet (gelbe Säulen). Für AUI-Daten wurden alle vorhandenen Informationen (Idealfall, Eq. 2) zur Berechnung der Ökotoxizitätspotenziale verwendet (grüne Säulen).

Abb. 11 zeigt die zusammengefassten Resultate aus den vorherigen Abbildungen (Abb. 8, Abb. 9 und Abb. 10). Änderungen in der Sternenbewertung sind ausschliesslich bei PSMV als Datengrundlage ersichtlich. Die Resultate zwischen den Datenverfügbarkeiten 1 bis 3 mit Datengrundlage AUI unterscheiden sich für keine der Kulturen, da in allen Fällen die gleichen Daten aus der Praxis verwendet wurden.

Mit Ausnahme der Karotte weicht die Sternenbewertung zwischen verschiedener Datenverfügbarkeiten mit nur einem Stern ab. Die Karotte sowie der Raps wurden bei höherer Datenverfügbarkeit schlechter, das heisst mit weniger Sternen, bewertet. Beim Weizen sowie der Zuckerrübe ist es umgekehrt. Hier wurde mit einer höheren Datenverfügbarkeit ein Stern mehr vergeben.

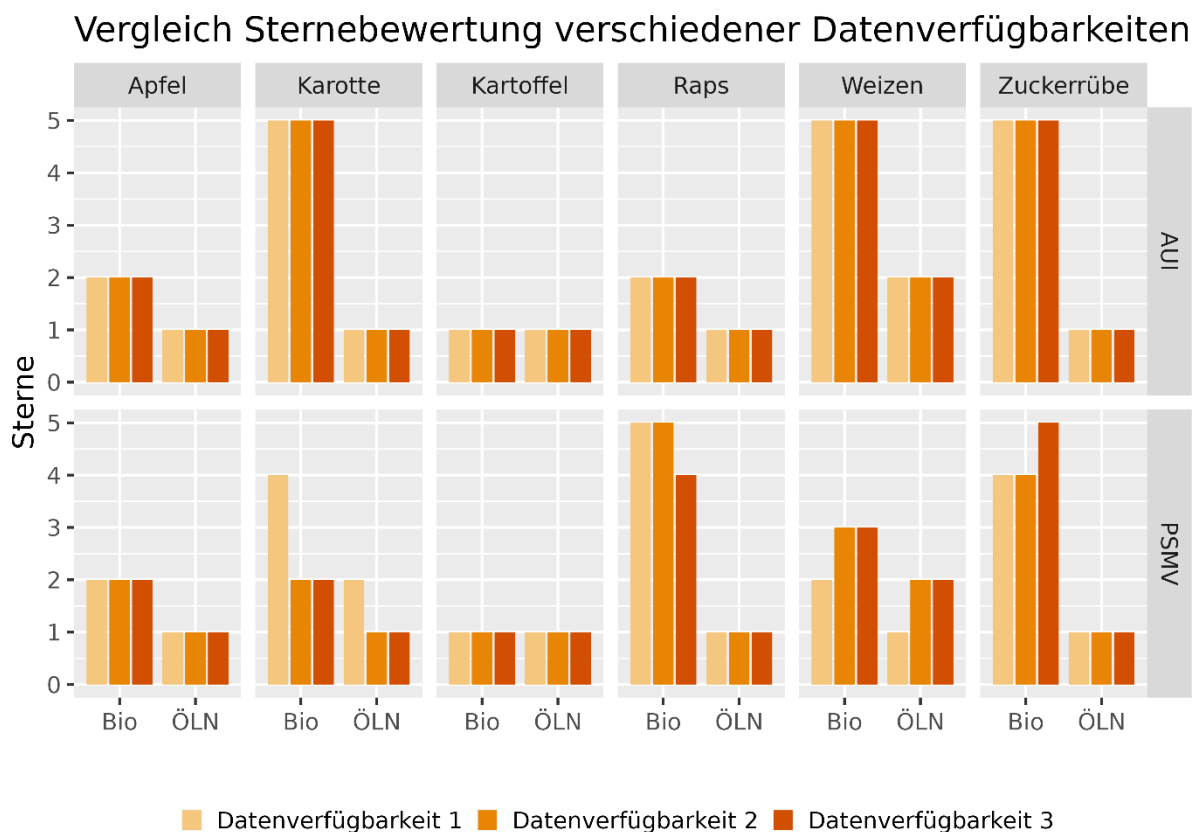


Abb. 11 Vergleich der Sternenbewertung der sieben untersuchten Kulturen basierend auf unterschiedlicher Datenverfügbarkeit. Die hier gezeigten Resultate entsprechen den Resultaten aus den vorherigen Abbildungen (Abb. 8, Abb. 9 und Abb. 10) mit einem stärkeren Fokus auf dem Vergleich zwischen den Datenverfügbarkeiten.

Der Vergleich der Sternbewertungen basierend auf Daten aus dem PSMV respektive den AUI-Daten hat gezeigt, dass sich die Sternbewertungen zwischen den analysierten Ebenen nicht massgeblich voneinander unterscheiden. Um die Unterschiede der Ökotoxizitätspotenziale zu ergründen, wurde eine Korrelationsanalyse durchgeführt. Mit der Korrelationsanalyse soll der Zusammenhang zwischen den berechneten Ökotoxizitätspotenziale mittels Datenverfügbarkeit 1 und Datenverfügbarkeit 2 aufgezeigt werden.

Die bei der Analyse berechnete Korrelation zwischen den berechneten Ökotoxizitätspotenzialen mittels Datenverfügbarkeit 1 und 2 beträgt rund 87% (Abb. 12). Statistisch gesehen lässt sich für die in diesem Projekt untersuchten Kulturen der Grossteil der Varianz in den Werten durch den Charakterisierungsfaktor und lediglich ein kleiner Teil durch die Information über die Aufwandmenge einer Einfachapplikation begründen.

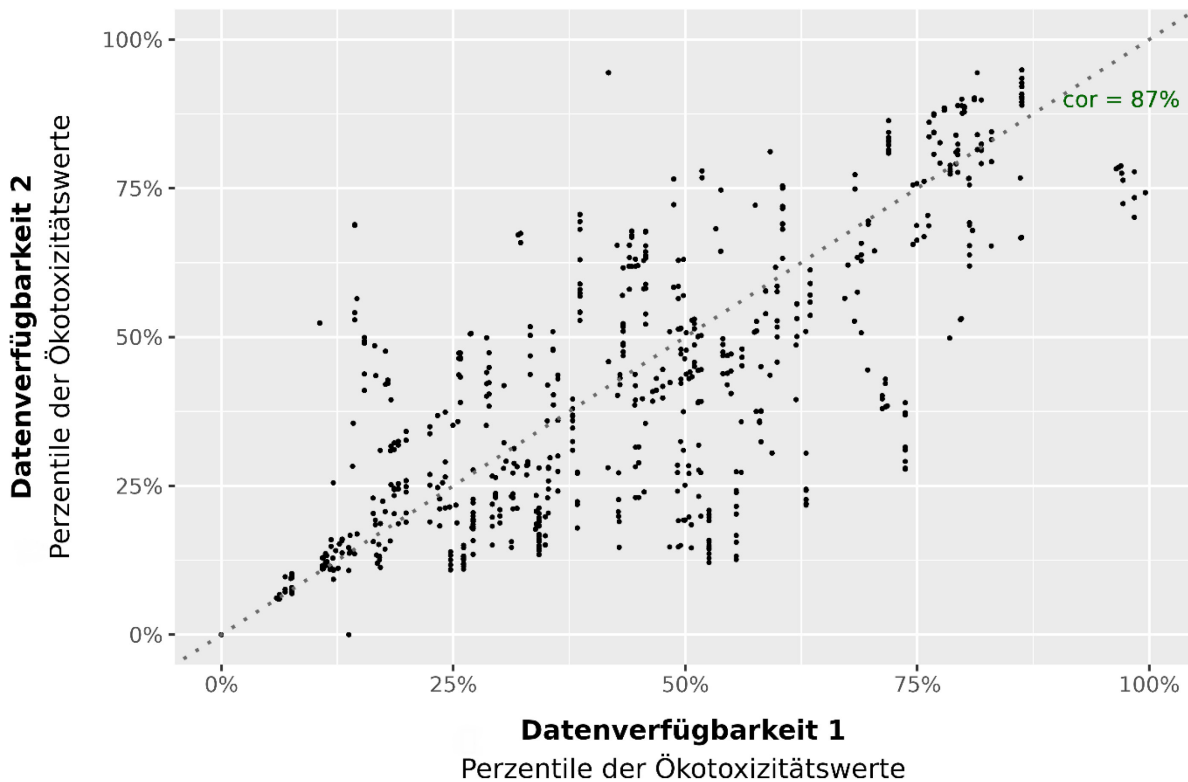


Abb. 12 Analyse der Korrelation zwischen berechneten Ökotoxizitätspotenziale basierend auf verschiedenen Datenverfügbarkeiten.



## 4 Diskussion

### 4.1 Einflussfaktoren

#### 4.1.1 Einflussfaktoren auf die Berechnung der Ökotoxizitätspotenziale

Die berechneten Ökotoxizitätspotenziale der Kulturen basieren im Grundsatz auf der Charakterisierung der für ein Standard-/Labelsystem erlaubten Wirkstoffe. Je nachdem wie viele und welche Wirkstoffe zum Pflanzenschutz eingesetzt werden dürfen (gemäss den Informationen aus dem PSMV), variiert das berechnete Ökotoxizitätspotenzial der Nahrungsmittel. Nachfolgend wird zwischen äusseren und inneren Einflüssen auf die Berechnung der Ökotoxizitätspotenziale unterschieden.

In zwei Fällen wird ein direkter, **äusserer Einfluss** auf die Ökotoxizitätspotenziale erwartet:

- Einerseits kann sich die **Anzahl der bewerteten Wirkstoffe** im Standard-/Labelsystem im Laufe der Jahre ändern. Einige Wirkstoffe werden beispielsweise als Substitutionskandidaten klassifiziert. Gemäss Einschätzung von PSM-Experten weisen solche Wirkstoffe ein besonders hohes Risikopotenzial auf und werden deswegen als bedenklich eingestuft. In der Schweiz werden zurzeit 66 Wirkstoffe als «Wirkstoffe mit besonderem Risikopotenzial klassifiziert»<sup>20</sup>. Auf EU-Ebene werden 54 Wirkstoffe als Substitutionskandidaten klassifiziert (Stand Juni 2022)<sup>21</sup>. Bei 38 Wirkstoffen, die zuvor als Substitutionskandidaten klassifiziert wurden, wurde die Bewilligung bereits entzogen. Für noch zugelassene Substitutionskandidaten respektive für Wirkstoffe mit besonderem Risikopotenzial ist es wahrscheinlich, dass diese in naher Zukunft verboten werden. Ein allfälliges Verbot dieser Wirkstoffe könnte zu tieferen Ökotoxizitätspotenzialen und demzufolge höheren Sternenrankings für verschiedene Nahrungsmittel führen. Ob und wann solche Wirkstoffe verboten werden, hängt stark von den Behörden ab und kann nicht vorhergesagt werden.
- Das **Standard-/Labelsystem** beeinflusst das Ökotoxizitätspotenzial indem es durch die Produktionsrichtlinien bestimmt, welche Wirkstoffe als PSM eingesetzt werden dürfen und welche nicht. Eine Aktualisierung der Produktionsrichtlinien kann sich analog zu Punkt 1 auf die Anzahl der bewerteten Wirkstoffe auswirken, welche wiederum einen Einfluss auf das Ökotoxizitätspotenzial ausüben.
- Ebenso kann sich die **Charakterisierung von Wirkstoffe** je nach Version und verwendeten Quellen ändern. Eine Aktualisierung der Charakterisierungsfaktoren verwendeter Bewertungsmethoden («Methode USEtox», «OLCA-Pest» oder «EF») aufgrund neuer, zugrundeliegender Daten könnte zu anderen Ergebnissen führen.

Als **innere Einflüsse** sind hier hauptsächlich die Einflüsse gemeint, die durch eine Änderung der «Methode M-Check PSM» verursacht werden können. Im Falle der erarbeiteten «Methode M-Check PSM» sind dabei vor allem die Datenaggregation, die Datenverfügbarkeit sowie die Auswahl von Charakterisierungsfaktoren zwischen den verschiedenen Quellen relevant:

- Bereits in der Voranalyse hat sich gezeigt, dass sich die Wahl der **Datenaggregation** auf Ebene Ökotoxizität (Option und Auswahlmöglichkeit, Kapitel 2.5) sensitiv auf Ergebnisse auswirkt. Beide beeinflussen die Resultate massgeblich und sind für die erarbeitete «Methode M-Check PSM» entscheidende Kriterien. Im Rahmen des Pilotprojekts haben sich Option 1 (Gruppierung nach Wirkstoffe) und das geometrische Mittel als geeignete Kriterien zur Datenaggregation herausgestellt. Mit Option 1 werden alle Wirkstoffe gleich, nämlich nur einmal berücksichtigt, auch wenn mehrere PSM-Produkte mit dem gleichen Wirkstoff zugelassen sind. Das geometrische Mittel eignet sich daher, da es weniger stark auf Ausreisser reagiert als der Median oder der Mittelwert. Aufgrund der grossen Spannweite der Charakterisierungsfaktoren kann die Wirkung extremer Werte («Ausreisser») auf das Ökotoxizitätspotenzial abgefangen werden. Mit der

<sup>20</sup> Aktionsplan Pflanzenschutzmittel, <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/nachhaltige-produktion/pflanzenschutz/aktionsplan.html>, Stand: 03.08.2022.

<sup>21</sup> EU pesticides database, <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/active-substances/>, Filtern nach «Candidate for Substitution», Stand: 16.06.2022.

Auswahlmöglichkeit «max» würde die konservativste Schätzung des Ökotoxizitätspotenzials resultieren, die gleichzeitig, aber sensitiv auf Ausreisser reagiert und sich daher eher weniger eignet. Der «median» wäre ebenfalls geeignet, reagiert im Vergleich zum geometrischen Mittel jedoch weniger sensitiv auf Ausreisser.

- Die **Wahl der Charakterisierungsfaktoren** ist entscheidend. Als Beispiel kann hier Kupfer genannt werden: die Charakterisierung von Kupfer ist zwischen den Bewertungsmethoden («Methode USEtox», «OLCApest» und «EF») nicht einheitlich definiert (es werden unterschiedliche Annahmen getroffen). Je nach Quelle des Charakterisierungsfaktors kann dies die Ergebnisse beeinflussen.
- Der relativ hohe Korrelationskoeffizient zwischen den Ökotoxizitätspotenzialen von Datenverfügbarkeit 1 und 2 von 87% lässt vermuten, dass im Pilotprojekt lediglich ein kleiner Anteil der Unterschiede in den Ökotoxizitätspotenzialen durch die verschiedenen **Datenverfügbarkeiten** begründet wird. Für die untersuchten Kulturen im Pilotprojekt ist es also auf Ebene der Ökotoxizitätsergebnisse weniger wichtig, welche Datengrundlage verwendet wird, sondern ein Grossteil der Unterschiede wird bereits durch die Charakterisierungsfaktoren der Wirkstoffe verursacht. Es ist also wichtiger zu wissen, ob Wirkstoffe überhaupt für den Pflanzenschutz zugelassen sind (und folglich bewertet werden) und weniger wie viel (in Form der Menge) der Wirkstoffe eingesetzt wird. Gleichzeitig ist die Wahl der Charakterisierungsfaktoren zur Bewertung entscheidend. Ob diese Aussage auch bei der Bewertung zusätzlicher Nahrungsmittel gültig ist, müsste weiter analysiert werden.

In allen Fällen können sich innere, wie äussere Einflüsse auf die Ökotoxizitätsresultate auswirken.

#### 4.1.2 Einflussfaktoren auf das Sternensystem

Die genaue Anzahl der Sterne, welche eine bestimmte Kultur erhält, hängt von der Wahl der Sternensysteme und den Ökotoxizitätspotenzialen ab. Es wurden drei Systeme mit unterschiedlichem Fokus untersucht:

- Sternensystem 1: Dieses System ist im Gegensatz zu System 2 + 3 nicht von der Gruppengrösse abhängig. Es reagiert sehr sensitiv auf den minimalen und maximalen Ökotoxizitätswert sowie auf Ausreisser. Eine Änderung dieser Werte kann zu einer stark veränderten Sternenbewertung führen, d.h. dieses Bewertungssystem ist instabil und es besteht das Risiko, dass sich die Bewertung bestehender Nahrungsmittel durch ein neu bewertetes Nahrungsmittel ändert.
- Sternensystem 2: Dieses System teilt die Werte in gleich grosse Gruppen ein. Daher ist die Klassifizierung wenig sensitiv auf Änderungen einzelner Werte und ziemlich stabil. Änderungen des minimalen oder maximalen Wertes haben keinen Einfluss auf die Bewertung. Werden weitere Kulturen zusätzlich zu den bestehenden bewertet, kann dies zu veränderten Sternenbewertungen der bisher bewerteten Kulturen führen.
- Sternensystem 3: Analog zu System 2 ist System 3 ebenfalls insensitiv auf das minimale und maximale Ökotoxizitätspotenzial. Weil die Bewertungen mit 4 und 5 Sternen jeweils nur 5% der Werte umfassen, wirken sich Änderungen in diesem Bereich stärker aus als bei System 2. Da hier die Gruppengrösse manuell festgelegt wird, kann ganz genau definiert werden, wie viele Nahrungsmittel mit wie vielen Sternen bewertet werden sollen. Im Falle einer Implementierung des Systems 3 sollten die Klassengrenzen zu Beginn fixiert werden, um die Stabilität der Bewertung für eine gewisse Zeit zu gewährleisten. Ohne das Setzen dieser Klassengrenzen könnte sich die Bewertung aller bereits bewerteten Nahrungsmittel im Sortiment jeweils ändern, falls neue Nahrungsmittel hinzugefügt würden.

Aus rein wissenschaftlicher Sicht gibt es auf Ebene des Sternensystems keine klare Begründung, welches Sternensystem verwendet werden soll. System 1 ist am wenigsten stabil, System 2 ist das stabilste, und System 3 differenziert am stärksten bei den besten Produkten. Aus Sicht des Auftraggebers könnte die Konsistenz mit den anderen M-Check Dimensionen ein zentraler Punkt sein. Hierfür würde sich Sternensystem 3 eignen, weil die Dimension Klima bereits mit diesem Sternensystem bewertet wird. Die Entscheidung sollte im Kontext des gesamten M-Check Labels vom MGB getroffen werden.

Analog zum M-Check Klima beeinflusst auch beim M-Check PSM die Saisonalität die Verfügbarkeit von Nahrungsmitteln im Laden. Es lässt sich also auch hier diskutieren, ob für gewisse Nahrungsmittel abhängig von der

Saison resp. abhängig vom Herkunftsland mehrere Sternenbewertungen ausgewiesen werden sollen. Insbesondere sollte geklärt werden, mit welcher Regelmässigkeit das Sterneranking überarbeitet wird und zu welchen Zeitpunkten neue Nahrungsmittel bewertet werden.

## 4.2 Grenzen bei der Plausibilisierung

Die Plausibilisierung hat gezeigt, dass die berechneten Sternenresultate auf Datengrundlage des PSMV für alle untersuchten Datenverfügbarkeiten mit jenen auf der Datengrundlage von AUI ähnlich sind. Je nach Datenverfügbarkeit stimmen mehr als die Hälfte aller Bewertungen zwischen den beiden Datengrundlagen überein. Aufgrund dieser Resultate kann davon ausgegangen werden, dass die «Methode M-Check PSM» im Rahmen des Pilotprojekts robuste Resultate liefert.

Die Plausibilisierung mit den AUI-Daten macht insbesondere darum Sinn, weil diese Daten von realen Betrieben gesammelt wurden und somit die landwirtschaftliche Praxis abgebildet wird. Nichtsdestotrotz basiert die Plausibilisierung auf einer eher kleinen Stichprobe an Beobachtungen. Es wurden lediglich Schweizer Kulturen in den Standard-/Labelsystemen «ÖLN» und «Bio» bewertet. Seitens AUI sind ausserdem nur wenige Daten von Bio-Betrieben vorhanden. Es ist unklar (ähnlich wie bei den Einflussfaktoren auf Ökotoxizitätsebene), ob die Plausibilisierung der Resultate bei zusätzlich bewerteten Kulturen gleich gut ausfallen würde. Um dies zu prüfen, wäre es auf jeden Fall sinnvoll, die Plausibilisierung während der Einführungsphase erneut auf ein grösseres Sortiment an bewerteten Kulturen anzuwenden (falls möglich für inländische und ausländische bewertete Kulturen), um weitere mögliche Unsicherheiten zu identifizieren.

Nach heutigem Wissensstand sind ausser den AUI-Daten keine anderen Daten einfach verfügbar, mit denen eine detailliertere Plausibilisierung durchführbar wäre.

## 4.3 Limitierungen der «Methode USEtox» und der «Methode M-Check PSM»

Die in diesem Bericht erarbeitete «Methode M-Check PSM» wurde unter den Rahmenbedingungen entwickelt, die in Kapitel 2 aufgeführt sind. Sie berücksichtigt die Parameter Wirkstoff, Land, Nahrungsmittel und Produktionsrichtlinien und hat zum Ziel, die Ökotoxizitätspotenziale von Nahrungsmitteln basierend auf Informationen aus dem PSMV abzuschätzen und daraus mögliche Sternenbewertungen abzuleiten. Die «Methode M-Check PSM» bewertet also potenzielle Effekte, die von zugelassenen PSM ausgehen.

Mit der «Methode USEtox» ist es möglich, bei ausreichender Datenverfügbarkeit eine Vielzahl von Parametern zur Schätzung der Ökotoxizitäten miteinzubeziehen.

Folgende Aspekte können mit der «Methode USEtox» und «Methode M-Check PSM» vollständig, teilweise oder nicht berücksichtigt werden:

Tab. 10 Limitierungen der «Methode USEtox» sowie der «Methode M-Check PSM».

Parameter	«Methode USEtox»	«Methode M-Check PSM»
Integration betriebsindividueller, erhobener PSM-Daten	<u>Vollständig umsetzbar<sup>1)</sup>.</u>	Zurzeit <u>nicht umsetzbar</u> aufgrund limitierter Datenverfügbarkeit.  Die Schätzung beruht auf theoretischen Daten aus dem PSMV und nicht auf erhobenen Daten. Diese Daten zeigen nur auf, welche PSM in den verschiedenen Ländern und den unterschiedlichen Produktionsrichtlinien zugelassen sind. Mit den verfügbaren Daten kann keine Aussage dazu gemacht werden, ob und wie viele PSM tatsächlich von den (Landwirtschafts-)Betrieben eingesetzt werden, sowohl auf Betriebsebene als auch durchschnittlich für die gesamte Gruppe (z.B. alle Bio-Karotten). Eine Verwendung betriebsindividueller Daten könnte die Sternenbewertung abhängig von der Art und Menge ausgebrachter PSM verbessern oder verschlechtern.
Einbezug von Ertragsdaten in die Abschätzung der Ökotoxizität (potenziale)	<u>Vollständig umsetzbar<sup>1)</sup>.</u>	Zurzeit <u>nicht umsetzbar</u> aufgrund limitierter Datenverfügbarkeit.  Daten zu den Erträgen der untersuchten Kulturen in den jeweiligen Standard-/Labelsystemen sind, wenn überhaupt, nur teilweise verfügbar. Aus diesem Grund konnte dieser Parameter in der «Methode M-Check PSM» nicht berücksichtigt werden. Eine Ergänzung der Berechnung des Ökotoxizitätspotenzial mit dem Parameter «Ertrag» ist jedoch möglich und kann zu einem späteren Zeitpunkt, wenn die entsprechenden Daten vorhanden sind, einbezogen werden. Der Einbezug des Ertrags wird das Ökotoxizitätspotenzial je nach Ertragshöhe erhöhen oder verringern. Bei einem tiefen Ertrag wird erwartet, dass das Ökotoxizitätspotenzial höher ausfällt als bei hohen Erträgen. Eine Erhöhung des Ökotoxizitätspotenzials kann sich negativ auf die Sternenbewertung auswirken (und umgekehrt).
Standort- und anwendungsspezifische Parameter <sup>2)</sup>	<u>Teilweise umsetzbar.</u>  Wie in Nemecek et al. (2022) dargelegt, werden eine Reihe von Parametern mit der «Methode USEtox» mit generischen Daten (Default-Werten) berücksichtigt. Dies betrifft zum Beispiel die Parameter Klima, Bodeneigenschaften oder die	<u>Zurzeit nicht umsetzbar.</u>  Dies hängt einerseits von den Limitierungen der «Methode USEtox» ab, andererseits von der Verfügbarkeit der Daten. Ein Einbezug dieser Parameter könnte das Ökotoxizitätspotenzial erhöhen oder verringern und die Sternenbewertung folglich verschlechtern oder verbessern.

	Topographie. Deckkulturen ("cover crops") oder Effekte spezieller Spritztechniken oder der Anwendungszeitpunkt werden nicht berücksichtigt.	
Einfluss von PSM auf die menschliche Gesundheit	<u>Vollständig umsetzbar<sup>1)</sup></u> .	Wird <u>nicht umgesetzt</u> aufgrund der festgelegten Rahmenbedingungen des Pilotprojekts (Nichtziel).  Die «Methode M-Check PSM» berücksichtigt lediglich die Umweltwirkung «freshwater ecotoxicity». Sie bewertet die potenzielle (Süßwasser-)Toxizität auf Ökosysteme sowie deren Einfluss auf aquatische Organismen. Die «Methode M-Check PSM» erlaubt keine Aussage zur potenziell schädlichen Wirkung bewerteter Wirkstoffe auf die menschliche Gesundheit unter anderem via PSM-Rückstände auf Nahrungsmitteln.
Einfluss von PSM auf terrestrische und marine Ökosysteme <sup>3)</sup>	Operativ noch <u>nicht umsetzbar</u> , da die vorhandenen Modelle von internationalen Gremien noch nicht empfohlen werden.	Wird zurzeit <u>nicht umgesetzt</u> . Der Parameter sollte erst dann berücksichtigt werden, wenn die Modelle von internationalen Gremien empfohlen werden.  Die erarbeitete «Methode M-Check PSM» bildet zurzeit ausschliesslich das potenzielle ökotoxikologische Risiko für aquatische Organismen ab. Der Einfluss von PSM auf terrestrische und marine Ökosysteme wird nicht berücksichtigt. Eine Integration dieser Parameter ist dann möglich, wenn diese Parameter offiziell von der «Methode USEtox» empfohlen werden. Inwieweit diese Parameter die Ökotoxizitätspotenziale beeinflussen, kann zum jetzigen Zeitpunkt nicht abgeschätzt werden.
Agrarpolitische Massnahmen <sup>4)</sup>	<u>Teilweise umsetzbar</u> (z.B. indirekt über die Aufwandmenge von PSM-Produkten).	<u>Teilweise umsetzbar</u> , falls solche Anstrengungen explizit Anwendungsverbote von PSM und folglich die Zulassungslisten von PSM betreffen oder im Rahmen von Produktionsrichtlinien übernommen werden.
Systemgrenzen	<u>Vollständig umsetzbar<sup>1)</sup></u> .	Aufgrund limitierter Datenverfügbarkeit werden zurzeit nachgelagerte Schritte in der Wertschöpfungskette mit der «Methode M-Check PSM» <u>nicht berücksichtigt</u> .  Die «Methode M-Check PSM» berücksichtigt lediglich den PSM-Einsatz bei der landwirtschaftlichen Produktion. Die Verarbeitung sowie die Lagerung der Nahrungsmittel und die eventuell dafür eingesetzten PSM liegen ausserhalb des Betrachtungsrahmens der Bewertung. Ebenso

		werden Wirkungen der PSM-Produktion, des Transportes und Anwendungen in der Saatgutproduktion nicht betrachtet. Der Einbezug dieser Parameter würde womöglich zu einem höheren Ökotoxizitätspotenzial führen und die Sternbewertung verschlechtern.
Sortenwahl	<u>Vollständig umsetzbar<sup>1)</sup></u> .	<p>Eine Differenzierung zwischen verschiedenen Sorten (z.B. bei Äpfel, Gala oder Braeburn oder weitere robuste Sorten etc.) ist <u>umsetzbar</u> über die Zulassungslisten durch Einbezug oder Ausschluss von PSM, wenn dafür sortenspezifische Produktionsrichtlinien (z.B. in weiteren Migros-Programmen) definiert sind und die Daten dazu verfügbar sind.</p> <p>Wenn aus Sicht der Produzenten wünschenswert ist, dass eine Sorte separat bewertet werden soll (z.B. robuste Sorten), so ist dies möglich, sofern eine angepasste Zulassungsliste erstellt werden kann. Inwiefern die Sortenwahl sich mit der «Methode M-Check PSM» auf die Ökotoxizität auswirkt, kann im Pilotprojekt nicht beurteilt werden, da die Sortenwahl zurzeit nicht als Parameter in der Methode Verwendung findet. Es ist davon auszugehen, dass die Sortenwahl zum Einsatz resp. Verzicht des Einsatzes von PSM beitragen und so die Ökotoxizität beeinflussen kann.<sup>5)</sup></p>
Freiwillige vom Landwirten umgesetzte Massnahmen <sup>6)</sup>	<u>Vollständig umsetzbar<sup>1)</sup></u> , falls solche Massnahmen von der «Methode USEtox» abgebildet werden können (siehe Punkt « <i>Standort- und anwendungsspezifische Parameter</i> »)	Können mit der «Methode M-Check PSM» <u>teilweise abgebildet werden</u> , sofern diese Massnahmen die Zulassungslisten betreffen. Technisch gesehen kann eine Veränderung der Zulassungslisten, aufgrund von diesen freiwillig umgesetzten Massnahmen, die Sternbewertung beeinflussen. Einige Standard-/Labelssysteme schreiben die Umsetzung der Massnahmen zum Erhalt der Direktzahlungen als Bedingung in ihren Richtlinien vor.
Notfallzulassungen	<u>Vollständig umsetzbar<sup>1)</sup></u> .	Die Bewertung mittels der erarbeiteten «Methode M-Check PSM» sieht vor, Kulturen nicht kontinuierlich, sondern zu einem fixen Zeitpunkt zu bewerten. Aus diesem Grund fliessen Notfallzulassungen von PSM standardmässig nicht in die «Methode M-Check PSM» mit ein, da diese situationsbedingt und kultur- sowie mengenabhängig von den Behörden verordnet werden <sup>7)</sup> . Ausserdem sind Information um Notfallzulassungen zwar öffentlich aber nicht einfach zugänglich, sondern müssen über Allgemeinverfügungen abgerufen werden. Für diese Zusatzinformationen muss mit einem Mehraufwand bei der Datenerfassung gerechnet werden. Grundsätzlich ist es jedoch

		möglich, Wirkstoffe aus Notfallzulassungen mittels den Zulassungslisten zu berücksichtigen. Dies steht jedoch im Konflikt zur Bewertung zu einem fixen Zeitpunkt. Da davon ausgegangen wird, dass Notfallzulassungen tendenziell eher toxischere Wirkstoffe betreffen, wird bei der Berücksichtigung dieses Parameters ein höheres Ökotoxizitätspotenzial und folglich eine schlechtere Sternbewertung erwartet.
--	--	--

1) Unter Annahme vollständiger Datenverfügbarkeit.

2) Dazu zählen unter anderem vorbeugende und nicht-chemische Pflanzenschutzmassnahmen, technologische Entwicklungen im Bereich der Applikationstechnik, der freiwillige Ersatz von PSM mit besonderem Risikopotenzial oder Massnahmen zur Minderung der Emission von PSM in die Umwelt, wie z.B. Pufferstreifen oder Driftminderung. Solche Massnahmen können je nach Land und Produktionssystem unterschiedlich sein.

3) Zum Beispiel: Wirkungen auf Bodenorganismen, Nützlinge, Bestäuber und andere Organismen in terrestrischen Ökosystemen oder im Meer.

4) Zum Beispiel: Änderungen in der Anbautechnik, Förderung von Nützlingen, Verbesserung der Saatgutqualität oder der Einsatz von Prognosesystemen.

5) Gemäss Auskunft von Agroscope Experten kann mit robusten Sorten beim Apfel bis zu 50% der momentan eingesetzten Fungizide gezielt gegen bestimmte Krankheiten (wie Schorf) verringert werden. Wie viel Fungizid Behandlungen gegen Schorf bei den schorfresistenten Apfelsorten im Vergleich zu den übrigen Sorten zurzeit eingespart wird, ist hingegen unbekannt. Man geht davon aus, dass 30 bis 50% der Schorfbehandlungen eingespart werden könnten. Mathis et al. (2022) konnte eine Reduktion der Umweltwirkung «Süsswasser-Ökotoxizität» bei robusten Sorten im Vergleich zur integrierten Produktion feststellen. Auf der anderen Seite werden gemäss Auskunft von Agroscope Experten in der Praxis manchmal weniger oder gar keine Behandlungen eingespart. Es ist möglich, dass ein Obstbauer robuste Sorten trotzdem spritzt, zum Beispiel, wenn er nicht robuste Sorten mit der gleichen Krankheit in seiner Produktion hat. Der Grund liegt womöglich darin, dass ein differenziertes Management in diesem Fall zu komplex wäre. Das Ausmass einer möglichen Änderung der Sternbewertung durch diesen Parameter mit der «Methode M-Check PSM» ist nicht geklärt. Es ist ausserdem unklar, wie relevant der Einbezug dieses Parameters in die «Methode M-Check PSM» ist. Die totale Anbaufläche robuster Apfelsorten in der Schweiz beläuft sich zurzeit auf ca. 700 ha (20% der totalen Anbaufläche) und betrifft so einen geringen Anteil des Apfelsortiments. Die PSM-Reduktion ist vor allem für einzelne Fungizide relevant. Es ist unklar, wie stark die Reduktion einzelner Fungizid-Wirkstoffe bei robusten Sorten die Sternbewertung beeinflusst.

6) Zum Beispiel aus den Direktzahlungsprogrammen zum Verzicht auf Pflanzenschutzmittel oder Absenkpfade.

7) Notfallzulassungen, <https://www.blv.admin.ch/blv/de/home/zulassung-pflanzenschutzmittel/anwendung-und-vollzug/notfallzulassungen.html>.

#### Weitere wichtige Aspekte:

- Bei den oben aufgeführten möglichen Weiterentwicklungen (z.B. Sorten, Notfallzulassungen, freiwillige Programme, etc.) ist jeweils zu berücksichtigen, dass die Anpassungen nicht nur für die Schweiz gelten sollen, sondern auch für die Importe geprüft und allenfalls angepasst werden müssen, da ähnliche Entwicklungen auch in den Herkunftsländern stattfinden.
- Die «Methode M-Check PSM» basiert auf Daten aus den PSMV. Da eine Gruppierung respektive Zusammenfassung von Daten stattfindet ist eine Über- resp. Unterschätzung der Ökotoxizitätspotenziale im Vergleich zu reellen, erhobenen Daten möglich. Aufgrund fehlender reeller, erhobener Vergleichsdaten können allfällige Verzerrungen von der theoretischen Sternbewertung im Vergleich zur agronomischen Praxis nicht quantifiziert und nicht ausgeschlossen werden.

## 4.4 Ausweitung der «Methode M-Check PSM» auf das Sortiment der Migros

Im Pilotprojekt wurden basierend auf der Analyse von sieben Kulturen die «Methode M-Check PSM» zur Sternbewertung ausgearbeitet.

Die erarbeitete «Methode M-Check PSM» basiert auf der Bewertung von Daten aus den PSMV der jeweiligen Herkunftsländer. Da es zwischen den Ländern keinen Standard zur Ausgestaltung der PSMV gibt, wurde für das Pilotprojekt jedes der drei PSMV vor der Durchführung der Berechnungen aufbereitet, um korrekte Berechnungen der Ökotoxizitätspotenziale sicherzustellen. Anschliessend an die Aufbereitung wurden diverse weitere Daten verknüpft, die Berechnungsschritte durchgeführt und die ausgewerteten Daten zu einem PSMV zusammengeführt. Die **Applikation der «Methode M-Check PSM» auf ein neues PSMV** ist je nach Art und Struktur des PSMV unterschiedlich zeitaufwändig und mit anfänglichem Aufwand verbunden. Grundsätzlich ist die Aufbereitung eines neuen PSMV in einem ersten Schritt mit Aufwand verbunden. Im Falle einer Aktualisierung des PSMV können die PSMV-Daten (unter der Bedingung, dass sich die Struktur des PSMV nicht massgeblich geändert hat) lediglich erneut eingelesen und die Berechnungen erneut durchgeführt werden. Alle im PSMV vorhandenen Kulturen können grundsätzlich in einem Durchgang berechnet werden.

Das Festlegen von Klassengrenzen wie in Kapitel 2.6 beschrieben wird bei der Ausweitung der «Methode M-Check PSM» auf das gesamte Sortiment relevant. Dadurch wird nicht nur eine Stabilität des Sternensystems etabliert, sondern es ist auch möglich, dass sich Nahrungsmittel in der Bewertung über die Zeit verbessern können. Das zu Beginn festgelegte Muster für die Perzentile ist also bei der ersten Implementierung relevant und wird sich nachher aufgrund der Festlegung der Klassengrenzen ändern.

Um eine effiziente Berechnung zu garantieren, müssen **die PSMV in Form von Tabellen** vorhanden sein. Da auf Ebene Wirkstoff zwischen den PSMV noch kein Standard zur Identifikation der Wirkstoffnamen implementiert ist, erfolgt die Zuordnung der CAS-Nr. auf die Wirkstoffnamen momentan semi-automatisch, das heisst mittels einer Zuordnungsdatei. Diese muss bei der Ausweitung der «Methode M-Check PSM» auf das gesamte Sortiment womöglich manuell erweitert werden, da bei der Bewertung zusätzlicher Nahrungsmittel weitere Wirkstoffe in die Berechnungen miteinfließen können, für die zurzeit noch keine Einträge in der Zuordnungsdatei vorhanden sind. Das gleiche gilt für die «Farming\_System» Liste: falls weitere Wirkstoffe in die Sternbewertung miteinfließen, muss der Zulassungsstatus in der Liste vermerkt werden.

Ein weiterer Punkt ist die **Datenverfügbarkeit**. Im Pilotprojekt hat sich gezeigt, dass je nach PSMV und gewählter Datenverfügbarkeit gewisse Informationen fehlen, die zur Bewertung der Nahrungsmittel jedoch benötigt werden. Für alle im Pilotprojekt angebotenen PSMV sind Informationen zur Kultur, den zugelassenen PSM-Produkten resp. Wirkstoffe und den Produktionsrichtlinien vorhanden. Für die «Banane» jedoch fehlen Angaben zu den Aufwandmengen einer Einfachapplikation; daher war keine Bewertung auf Grundlage der Datenverfügbarkeit 2 möglich.

Gemäss einer ersten Einschätzung sind Daten zur Berechnung der Ökotoxizität von Nahrungsmitteln gemäss Datenverfügbarkeit 1 grösstenteils vorhanden. Für die Datenverfügbarkeit 2 sind die benötigten Daten oftmals entweder nicht vorhanden oder sie wären nur mit erheblichem Aufwand verfügbar. Ob sich der zusätzliche Aufwand zur Bereitstellung dieser Daten lohnen würde, kann im Pilotprojekt nicht abschliessend beurteilt werden. Hierfür bedarf es einer zusätzlichen Analyse.

Die «Methode M-Check PSM» wurde basierend auf relativ einfach zu bewertenden Nahrungsmitteln entwickelt. Es ist noch nicht geklärt, wie **zusammengesetzte Nahrungsmittel** (beispielsweise ein Erdbeer-Rhabarber Smoothie oder ein Schoggibiscuit) mit der erarbeiteten «Methode M-Check PSM» bewertet würden. Folgender Lösungsansatz ist denkbar:

- Basierend auf der erarbeiteten «Methode M-Check PSM» werden die Ökotoxizitätspotenziale der rohen Zutaten berechnet. Im Falle des Erdbeer-Rhabarber Smoothies würden vorerst die Ökotoxizitätspotenziale der Erdbeere und des Rhabarbers individuell geschätzt.
- Über das Verhältnis der Mengenangaben, der Nährwertangaben oder der Preisangaben der rohen Zutaten im Erdbeer-Rhabarber Smoothie könnten die berechneten Ökotoxizitätspotenziale der Erdbeere und des Rhabarbers mit entsprechender Gewichtung zusammengefasst werden. Der Übertrag der Ökotoxizitätsresultate in Sterne würde analog der Sternbewertung im Pilotprojekt erfolgen.



- Im Falle eines Erdbeer-Rhabarber Smoothies mit einem Mengenverhältnis von 80% Erdbeere und 20% Rhabarber würde die Berechnung dann wie folgt aussehen:

$$\text{Ökotoxizität}_{\text{Smoothie}} = 0.8 * \text{Ökotoxizität}_{\text{Erdbeere}} + 0.2 * \text{Ökotoxizität}_{\text{Rhabarber}}$$

Inwiefern dieses Vorgehen auf weitere zusammengesetzte Nahrungsmittel anwendbar ist, kann im Pilotprojekt nicht beurteilt werden. Hierfür bedarf es weiterer Arbeiten respektive detaillierterer Analysen.

## 5 Schlussfolgerungen

Im Pilotprojekt wurde basierend auf einfach verfügbaren Daten eine Methode («Methode M-Check PSM») entwickelt, welche das Ökotoxizitätspotenzial von Nahrungsmitteln abschätzen und dieses Potenzial in eine einfache Sternenbewertung übersetzen kann. Die «Methode M-Check PSM» bewertet somit potenzielle Effekte auf die Ökotoxizität, welche von der theoretisch möglichen Verwendung von PSM verursacht werden können. Daten von den PSMV von drei Ländern (Schweiz, Frankreich, Costa Rica) wurden mithilfe der «Methode USEtox» verknüpft. Wissenschaftlichkeit und Machbarkeit der entwickelten «Methode M-Check PSM» wurden anhand von sieben Nahrungsmitteln aus verschiedenen Ländern in verschiedenen Produktions- und Standard-/Labelsystemen geprüft. Basierend auf diesem Ökotoxizitätspotenzial erfolgte anschliessend die Analyse möglicher Sternenbewertungen. Aufgrund dieser Resultate sowie den Erfahrungen und Erkenntnissen während des Pilotprojekts lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- Die entwickelte «Methode M-Check PSM» zur Bewertung des Ökotoxizitätspotenzials und der Ableitung der Sternenbewertung liefert für die untersuchten Nahrungsmittel-Produktions/Standard-/Labelsystem-Herkunftsland-Kombinationen plausible Resultate und ist mit vernünftigen Aufwand einsetzbar.
- Die «Methode M-Check PSM» reagiert auf Änderungen der Anzahl bzw. der Auswahl bewerteter Wirkstoffe und vor allem deren Charakterisierungsfaktoren (Faktor, der das Ökotoxizitätspotenzial schädlicher PSM-Wirkstoffe charakterisiert) sowohl auf Stufe Ökotoxizitätspotenzial als auch auf Stufe Sternensystem.
- Sie erweist sich für die zur Verfügung stehende Datengrundlage aus den PSMV und/oder den Produktions- und Standard-/Labelrichtlinien als umsetzbar.
- Aus verschiedenen Möglichkeiten zur Sternenbewertung ist eine Bewertung mit festgelegten Perzentilen aus Gründen der Konsistenz mit dem bereits vorhandenen System im M-Check Klima sinnvoll.

Die «Methode M-Check PSM» soll auf alle pflanzlichen Nahrungsmittel angewandt werden können und auf dem MGB zur Verfügung stehenden Daten basieren, d.h. den Informationen aus den Produktionsrichtlinien sowie den PSMV-Daten. Sie weist bedingt durch die gegebenen Rahmenbedingungen sowie den **Datenverfügbarkeiten** folgende Limitierungen auf:

- Da keine betriebsindividuellen, erhobenen PSM-Daten verfügbar sind, können u.a. folgende Aspekte nicht abgebildet werden: die Wahl von robusten Sorten, spezifische Züchtungsprogramme, Erträge, Standortparameter, vorbeugende und nicht-chemische Pflanzenschutzmassnahmen, technologische Entwicklungen im Bereich der Applikationstechnik, ein freiwilliger Ersatz von PSM mit besonderem Risikopotenzial oder Massnahmen zur Minderung der Emission von PSM in die Umwelt (wie z.B. Pufferstreifen oder Driftminderung).
- Notfallzulassungen können nicht berücksichtigt werden, da die benötigten Daten dazu nicht im PSMV vorhanden sind.

Daneben ist die «Methode M-Check PSM» durch **methodische Einschränkungen** der «Methode USEtox» bzw. durch die Rahmenbedingungen in folgenden Aspekten limitiert:

- Die Methode M-Check PSM bewertet ausschliesslich das Süsswasser-Ökotoxizitätspotenzial für aquatische Organismen. Die terrestrische und marine Ökotoxizität sind nicht Teil der «Methode M-Check PSM», da die verfügbaren entsprechenden Methoden von internationalen Gremien für den Kontext der Umweltproduktinformation derzeit nicht empfohlen werden.
- Die Auswirkungen von PSM auf die menschliche Gesundheit sowie PSM-Rückstände auf den Nahrungsmitteln sind nicht Zweck des M-Check PSM, da ausschliesslich die Wirkungen auf die Umwelt betrachtet werden.
- Eine Unter- oder Überschätzung der Ökotoxizitätswerte im Vergleich zur Realität ist möglich, da die Abschätzung definitionsgemäss einem Potential und nicht der tatsächlich gemessenen Ökotoxizität entspricht.

Der gewählte und verwendete Ansatz für die erarbeitete Bewertungsmethode («Methode M-Check PSM») erlaubt es, zukünftig weitere Parameter in die Bewertung aufzunehmen, sofern die Daten dafür verfügbar sind (z.B. Weiterentwicklungen in der Züchtungsforschung oder der PSM-Reduktion, oder einfache Verfügbarkeit der Informationen zu Notfallzulassungen).

Die erarbeitete «Methode M-Check PSM» wurde basierend auf einer eher kleinen Stichprobe von Nahrungsmitteln entwickelt und plausibilisiert. Um deren Robustheit sicherzustellen, ist es sinnvoll, sie bei der Einführungsphase auf eine grössere Auswahl an Nahrungsmitteln auszuweiten und erneut zu plausibilisieren. Die Ausweitung der Sternbewertung auf das gesamte Sortiment der Migros ist zeitaufwändig und herausfordernd. Aspekte wie die Verfügbarkeit von Informationen aus den PSMV, die Integration neuer PSMV-Daten in die Berechnungen sowie die Bewertung zusammengesetzter Nahrungsmittel sind einige der Punkte, die mit diesem Pilotprojekt nicht abschliessend geklärt sind.

## 6 Literaturverzeichnis

- Bystricky, M., Nemecek, T., Krause, S., & Gaillard, G. (2020). Potenzielle Umweltfolgen einer Umsetzung der Trinkwasserinitiative. *Agroscope Science*, 99, 1-221. <https://doi.org/doi.org/10.34776/as99g>
- European Commission. (2017). *PEFCR Guidance document - Guidance for the development of Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCRs), Version 6.3*. [https://ec.europa.eu/environment/eusssd/smgp/pdf/PEFCR\\_guidance\\_v6.3.pdf](https://ec.europa.eu/environment/eusssd/smgp/pdf/PEFCR_guidance_v6.3.pdf)
- 2013/179/EU: Commission Recommendation of 9 April 2013 on the use of common methods to measure and communicate the life cycle environmental performance of products and organisations Text with EEA relevance, 1-210 124 (2013). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32013H0179>
- Fantke, P., Chiu, W. A., Aylward, L., Judson, R., Huang, L., Jang, S., Gouin, T., Rhomberg, L., Aurisano, N., McKone, T., & Jolliet, O. (2021). Exposure and toxicity characterization of chemical emissions and chemicals in products: global recommendations and implementation in USEtox. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 26(5), 899-915. <https://doi.org/10.1007/s11367-021-01889-y>
- Fantke, P., Huijbregts, M., Margni, M., Hauschild, M., Jolliet, O., McKone, T., Rosenbaum, R. K., & van de Meent, D. (2015). *USEtox® 2.0 User Manual (Version 2)*. <http://usetox.org>
- Gutsche, V., & Strassemeyer, J. (2007). *SYNOPSIS – ein Modell zur Bewertung des Umwelt-Risikopotentials von chemischen Pflanzenschutzmitteln*. S. Eugen Ulmer KG.
- International Standard Organisation (ISO). (2006a). ISO 14040:2006. In *Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework* (pp. 1-20): International Standard Organisation (ISO).
- International Standard Organisation (ISO). (2006b). ISO 14044:2006. In *Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines* (pp. 1-46): International Standard Organisation (ISO).
- ITAB, Sayari, & VGF. (2021). *Affichage environnemental: rapport d'expérimentation*. <https://expertises.ademe.fr/economie-circulaire/consommer-autrement/passer-a-l'action/reconnaitre-produit-plus-respectueux-lenvironnement/dossier/laffichage-environnemental/affichage-environnemental-secteur-alimentaire-experimentation-20202021>
- Mathis, M., Blom, J. F., Nemecek, T., Bravin, E., Jeanneret, P., Daniel, O., & de Baan, L. (2022). Comparison of exemplary crop protection strategies in Swiss apple production: Multi-criteria assessment of pesticide use, ecotoxicological risks, environmental and economic impacts. *Sustainable Production and Consumption*, 31, 512-528. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.03.008>
- Müller, K. (2020). *here: A Simpler Way to Find Your Files*. <https://here.r-lib.org/>, <https://github.com/r-lib/here>
- Nemecek, T., Antón, A., Basset-Mens, C., Gentil-Sergent, C., Renaud-Gentié, C., Melero, C., Naviaux, P., Peña, N., Roux, P., & Fantke, P. (2022). Operationalising emission and toxicity modelling of pesticides in LCA: the OLCA-Pest project contribution. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 27(4), 527-542. <https://doi.org/10.1007/s11367-022-02048-7>
- R. Core Team. (2021). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Rosenbaum, R. K., Anton, A., Bengoa, X., Bjørn, A., Brain, R., Bulle, C., Cosme, N., Dijkman, T. J., Fantke, P., Felix, M., Geoghegan, T. S., Gottesbüren, B., Hammer, C., Humbert, S., Jolliet, O., Juraske, R., Lewis, F., Maxime, D., Nemecek, T., Payet, J., Räsänen, K., Roux, P., Schau, E. M., Sourisseau, S., van Zelm, R., von Streit, B., & Wallman, M. (2015). The Glasgow consensus on the delineation between pesticide emission inventory and impact assessment for LCA. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 20(6), 765-776. <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0871-1>
- Rosenbaum, R. K., Bachmann, T. M., Gold, L. S., Huijbregts, M. A. J., Jolliet, O., Juraske, R., Koehler, A., Larsen, H. F., MacLeod, M., Margni, M., McKone, T. E., Payet, J., Schuhmacher, M., van de Meent, D., & Hauschild, M. Z. (2008). USEtox—the UNEP-SETAC toxicity model: recommended characterisation factors for human toxicity

- and freshwater ecotoxicity in life cycle impact assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 13(7), 532. <https://doi.org/10.1007/s11367-008-0038-4>
- Saouter, E., De Schryver, A., Pant, R., & Sala, S. (2018). Estimating chemical ecotoxicity in EU ecolabel and in EU product environmental footprint. *Environment International*, 118, 44-47. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.05.022>
- Schauberger, P., & Walker, A. (2021). *openxlsx: Read, Write and Edit xlsx Files*. <https://CRAN.R-project.org/package=openxlsx>
- Soler, L.-G., Aggeri, F., Doumad, J.-Y., Hélias, A., Julia, C., Nabec, L., Pellerin, S., Ruffieux, B., Trystram, G., & van der Werf, H. (2021). *L’Affichage Environnemental des Produits Alimentaires: Rapport du Conseil Scientifique - Synthèse*. <https://expertises.ademe.fr/economie-circulaire/consommer-autrement/passer-a-laction/reconnaitre-produit-plus-respectueux-lenvironnement/dossier/laffichage-environnemental/affichage-environnemental-secteur-alimentaire-experimentation-20202021>
- Team, R. S. (2022). *RStudio: Integrated Development Environment for R*. RStudio, PBC. <http://www.rstudio.com/>
- UNEP. (2019). *Global Guidance on Environmental Life Cycle Impact Assessment Indicators Volume 2*. <https://www.lifecycleinitiative.org/training-resources/global-guidance-for-life-cycle-impact-assessment-indicators-volume-2/>
- Verones, F., Huijbregts, M. A. J., Azevedo, L. B., Chaudhary, A., Cosme, N., de Baan, L., Fantke, P., Hauschild, M., Henderson, A. D., Jolliet, O., Mutel, C. L., Owsianiak, M., Pfister, S., Preiss, P., Roy, P.-O., Scherer, L., Steinmann, Z. J. N., van Zelm, R., van Dingenen, R., van Goethem, T., Vieira, M., & Hellweg, S. (2020). *LC-IMPACT Version 1.0 - A spatially differentiated life cycle impact assessment approach*. [https://lc-impact.eu/doc/LC-IMPACT\\_Overall\\_report\\_20201113.pdf](https://lc-impact.eu/doc/LC-IMPACT_Overall_report_20201113.pdf)
- Waldvogel, T., Mathis, M., de Baan, L., Haupt, C., & Nemecek, T. (2018). *Bewertung der Umweltwirkungen und Risiken verschiedener Pflanzenschutzstrategien für fünf Kulturen in der Schweiz* (Agroscope Science, Issue. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/Page/Publikation?einzelpublikationId=39809&parentUrl=%2Fde-CH%2FPage%2FPublikationsliste%2FIndexMitarbeiter%3Fagroposceld%3D9799>
- Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York. <https://ggplot2.tidyverse.org>
- Wickham, H. (2019). *stringr: Simple, Consistent Wrappers for Common String Operations*. <http://stringr.tidyverse.org>, <https://github.com/tidyverse/stringr>
- Wickham, H., & Bryan, J. (2022). *readxl: Read Excel Files*. <https://readxl.tidyverse.org>, <https://github.com/tidyverse/readxl>
- Wickham, H., François, R., Henry, L., & Müller, K. (2022). *dplyr: A Grammar of Data Manipulation*. <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>
- Wickham, H., & Girlich, M. (2022). *tidyr: Tidy Messy Data*. <https://CRAN.R-project.org/package=tidyr>
- Wickham, H., & Seidel, D. (2022). *scales: Scale Functions for Visualization*. <https://CRAN.R-project.org/package=scales>

## 7 Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Im Pilotprojekt untersuchte Nahrungsmittel und Standard-/Labelssysteme. ....	12
Tab. 2	Wirkstoffe, die teilweise als PSM verwendet werden und bei denen die Emissionsfaktoren auf 0 gesetzt wurden. ....	17
Tab. 3	Auflistung der Anzahl der Proxywerte, die zur Abschätzung des Ökotoxizitätspotenzials verwendet wurden, unabhängig vom Standard-/Labelsystem. ....	17
Tab. 4	Struktur und Verfügbarkeit verschiedener PSMV in Abhängigkeit des Landes. ....	20
Tab. 5	Im PSMV enthaltene, verfügbare Informationen ausgewählter Länder. ....	20
Tab. 6	Betrachtung der Daten aus dem PSMV auf Ebene Wirkstoff. Eine Option entspricht einem definierten Vorgehen, das beschreibt, welche Daten aus dem PSMV zur Schätzung der Ökotoxizität ausgewählt werden. ....	24
Tab. 7	Betrachtung der Daten aus dem PSMV auf Ebene PSM-Produkt. Eine Option entspricht einem definierten Vorgehen, das beschreibt, welche Daten aus dem PSMV zur Schätzung der Ökotoxizität ausgewählt wird. ....	24
Tab. 8	Zusammenfassung relevanter Informationen aus den PSMV. ....	30
Tab. 9	Sternenresultate aller sieben untersuchten Kulturen im Pilotprojekt. ....	34
Tab. 10	Limitierungen der «Methode USEtox» sowie der «Methode M-Check PSM». ....	44
Tab. 11	Informationen zu kupferhaltigen Wirkstoffen. ....	60
Tab. 12	In den PSMV standardisierte Spaltennamen und Beschrieb der darin enthaltenen Informationen. ....	61

## 8 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Die landwirtschaftlichen Betriebe richten sich bei der Auswahl von Wirkstoffen für den Pflanzenschutz nach den behördlichen Regelungen sowie den Standard-/Labelanforderungen. Individuelle betriebliche Ausnahmeregelungen oder z.B. Notfallzulassungen werden zwar behördlich geregelt, können mit der «Methode M-Check PSM» jedoch nicht berücksichtigt werden, da keine einzelbetrieblichen Daten zur Bewertung verwendet werden und Notfallzulassungen nicht im PSMV aufgeführt werden. .... 18	18
Abb. 2	Beispiel von 20 finalen Ökotoxizitätspotenzialen (rote Rhomben) von 20 Kultur – Standard-/Label-system Kombinationen. Max = höchstes, min = tiefstes Ökotoxizitätspotenzial. .... 25	25
Abb. 3	Verteilung der 20 logarithmischen Ökotoxizitätswerte in gleich grosse Bereiche (5 Gruppen mit Distanz «a»). .... 26	26
Abb. 4	Aufteilung der 20 Beobachtungen auf 5 gleich grosse Gruppen (a – e) à 4 Beobachtungen. .... 26	26
Abb. 5	Aufteilung der 20 Beobachtungen auf 5 Gruppen mit unterschiedlicher Gruppengrösse (abhängig vom Perzentil, 50%-25%-15%-5%-5%). .... 27	27
Abb. 6	Berechnete Sternenresultate basierend auf den berechneten Ökotoxizitätspotenzialen mit <b>Datenverfügbarkeit 1 für Kulturen aus der Schweiz</b> . Die Abbildung zeigt alle untersuchten Optionen (1-4), Auswahlmöglichkeiten und Sternensysteme. .... 32	32
Abb. 7	Berechnete Sternenresultate basierend auf den berechneten Ökotoxizitätspotenzialen mit <b>Datenverfügbarkeit 2 für Kulturen aus der Schweiz</b> . Die Abbildung zeigt alle untersuchten Optionen (1-4), Auswahlmöglichkeiten und Sternensysteme. .... 33	33
Abb. 8	Ebene 1 der Plausibilisierung: Vergleich der Sternenbewertung der Kulturen für verschiedene Datengrundlagen. Für Ebene 1 wurden die Ökotoxizitätspotenziale mit Daten aus dem Schweizer PSMV mittels Datenverfügbarkeit 1 (lediglich Charakterisierungsfaktor, Eq. 3) berechnet (gelbe Säulen). Für AUI-Daten wurden alle vorhandenen Informationen (Idealfall, Eq. 2) zur Berechnung der Ökotoxizitätspotenziale verwendet (grüne Säulen). .... 36	36
Abb. 9	Ebene 2 der Plausibilisierung: Vergleich der Sternenbewertung der Kulturen verschiedener Datengrundlagen. Für Ebene 2 wurden die Ökotoxizitätspotenziale mit Daten aus dem Schweizer PSMV mittels Datenverfügbarkeit 2 (Charakterisierungsfaktor*Aufwandmenge einer Einfachapplikation, Eq. 4) berechnet (gelbe Säulen). Für AUI-Daten wurden alle vorhandenen Informationen (Idealfall, Eq. 2) zur Berechnung der Ökotoxizitätspotenziale verwendet (grüne Säulen). .... 37	37
Abb. 10	Ebene 3 der Plausibilisierung: Vergleich der Sternenbewertung der Kulturen verschiedener Datengrundlagen. Für Ebene 3 wurden die Ökotoxizitätspotenziale mit Daten aus dem Schweizer PSMV mittels Datenverfügbarkeit 3 (Charakterisierungsfaktor*Aufwandmenge einer Einfachapplikation*Anzahl Anwendungen) berechnet (gelbe Säulen). Für AUI-Daten wurden alle vorhandenen Informationen (Idealfall, Eq. 2) zur Berechnung der Ökotoxizitätspotenziale verwendet (grüne Säulen). .... 38	38
Abb. 11	Vergleich der Sternenbewertung der sieben untersuchten Kulturen basierend auf unterschiedlicher Datenverfügbarkeit. Die hier gezeigten Resultate entsprechen den Resultaten aus den vorherigen Abbildungen (Abb. 8, Abb. 9 und Abb. 10) mit einem stärkeren Fokus auf dem Vergleich zwischen den Datenverfügbarkeiten. .... 39	39
Abb. 12	Analyse der Korrelation zwischen berechneten Ökotoxizitätspotenziale basierend auf verschiedenen Datenverfügbarkeiten. .... 40	40

## 9 Anhang

### 9.1 Proxies

Bewertet in Kultur	CAS-Nummer	Wirkstoff	Proxy CF (PAF m <sup>3</sup> Tag/kg Wirkstoff)
Apfel	003100-04-7	1-Methylcyclopropen	346.42
Apfel	000086-86-2	2-(1-naphthyl) Acetamide	346.42
Apfel	057960-19-7	Acequinocyl	407.52
Banane	000000-33-9	Alkyl Aril Polyethoxyalkohole	349.63
Apfel	150114-71-9	Aminopyralid	421.46
Karotte	150114-71-9	Aminopyralid	416.34
Kartoffel	150114-71-9	Aminopyralid	416.34
Raps	150114-71-9	Aminopyralid	411.30
Weizen	150114-71-9	Aminopyralid	406.72
Kartoffel	348635-87-0	Amisulbrom	80.89
Weizen	113614-08-7	Beflubutamid	409.00
Weizen	1072957-71-1	Benzovindiflupyr	115.07
Raps	581809-46-3	Bixafen	100.02
Weizen	581809-46-3	Bixafen	115.07
Banane	001305-99-3	Bromadiolon	349.63
Banane	008015-86-9	Carnaubawachs	349.63
Weizen	007003-89-6	Chlormequat	248.25
Banane	308064-23-5	Cytokinine	346.42
Apfel	015165-67-0	Dichlorprop-P	91.82
Karotte	015165-67-0	Dichlorprop-P	90.15
Kartoffel	015165-67-0	Dichlorprop-P	90.15
Raps	015165-67-0	Dichlorprop-P	89.00
Weizen	015165-67-0	Dichlorprop-P	88.11
Banane	000082-66-6	Diphacinon	349.63
Raps	149961-52-4	Dimoxystrobin	289.38
Apfel	010045-86-0	Eisen-III-Phosphat	349.63
Karotte	010045-86-0	Eisen-III-Phosphat	342.89
Kartoffel	010045-86-0	Eisen-III-Phosphat	342.89
Raps	010045-86-0	Eisen-III-Phosphat	332.02
Weizen	010045-86-0	Eisen-III-Phosphat	345.50
Zuckerrübe	010045-86-0	Eisen-III-Phosphat	342.89
Banane	084929-31-7	Zitronenkernöl	349.63
Banane	085085-48-9	Teebaumextrakt	349.63
Apfel	120928-09-8	Fenazaquin	274.09
Weizen	517875-34-2	Fenpicoxamid	208.87
Apfel	111812-58-9	Fenpyroximate	407.52



Weizen	361377-29-9	Fluoxastrobin	330.47
Kartoffel	907204-31-3	Fluxapyroxad	107.55
Weizen	907204-31-3	Fluxapyroxad	115.07
Banane	007601-54-9	Natriumphosphat	421.46
Kartoffel	098886-44-3	Fosthiazate	705.15
Apfel	000077-06-5	Gibberelline	346.42
Raps	943831-98-9	Halauxifen-methyl	411.30
Weizen	943831-98-9	Halauxifen-methyl	406.72
Apfel	069806-40-2	Haloxypop-(R)-Methylester	421.46
Kartoffel	069806-40-2	Haloxypop-(R)-Methylester	416.34
Raps	069806-40-2	Haloxypop-(R)-Methylester	411.30
Zuckerrübe	069806-40-2	Haloxypop-(R)-Methylester	416.34
Banane	009000-01-5	Gummiarabikum	349.63
Banane	950782-86-2	Indaziflam	421.46
Banane	007553-56-2	Iod	421.46
Weizen	185119-76-0	Iodosulfuron	848.52
Raps	875915-78-9	Isofetamid	100.02
Apfel	009008-22-4	Laminarin	349.63
Weizen	009008-22-4	Laminarin	345.50
Raps	173662-97-0	Mandestrobin	289.38
Weizen	1417782-03-6	Mefentrifluconazole	208.87
Weizen	400852-66-6	Mesosulfuron	848.52
Banane	000594-11-6	Methylcyclopropan	381.78
Banane	000112-39-0	Methyloleat Methylpalmitat	349.63
Banane	031566-31-1	Glycerinmonostearat	349.63
Banane	001338-43-8	Sorbitanmonooleat	349.63
Banane	009005-65-6	Polysorbat 80	349.63
Banane	012008-41-2	Dinatriumoctaborat	381.78
Weizen	008006-84-6	Oleum foeniculi	208.87
Kartoffel	1003318-67-9	Oxathiapiprolin	195.30
Weizen	183675-82-3	Penthiopyrad	115.07
Weizen	137641-05-5	Picolinafen	409.00
Banane	009002-88-4	Polyethylen	349.63
Banane	009003-27-4	Polyisobutylene	349.63
Banane	009009-54-5	Polyurethane	349.63
Raps	127277-53-6	Prohexadion	303.33
Apfel	127277-53-6	Prohexadione-Calcium	346.42
Weizen	127277-53-6	Prohexadione-Calcium	248.25
Weizen	422556-08-9	Pyroxulam	848.52
Apfel	094051-08-8	Quizalofop-P	421.46
Karotte	094051-08-8	Quizalofop-P	416.34
Kartoffel	094051-08-8	Quizalofop-P	416.34

Raps	094051-08-8	Quizalofop-P	411.30
Weizen	094051-08-8	Quizalofop-P	406.72
Zuckerrübe	094051-08-8	Quizalofop-P	416.34
Banane	000822-16-2	Speisefettsäuren (Stearinsäure)	349.63
Apfel	067233-85-6	Natrium 5-nitroguaiacolate	346.42
Raps	067233-85-6	Natrium 5-nitroguaiacolate	303.33
Zuckerrübe	067233-85-6	Natrium 5-nitroguaiacolate	330.90
Apfel	000824-39-5	Natrium ortho-nitrophenolate	346.42
Raps	000824-39-5	Natrium ortho-nitrophenolate	303.33
Zuckerrübe	000824-39-5	Natrium ortho-nitrophenolate	330.90
Apfel	000824-78-2	Natrium ortho-nitrophenolate	346.42
Raps	000824-78-2	Natrium ortho-nitrophenolate	303.33
Zuckerrübe	000824-78-2	Natrium ortho-nitrophenolate	330.90
Apfel	203313-25-1	Spirotetramat	381.78
Karotte	203313-25-1	Spirotetramat	394.68
Kartoffel	203313-25-1	Spirotetramat	394.68
Banane	203313-25-1	Spirotetramat	381.78
Weizen	936331-72-5	Thiencarbazon	406.72
Zuckerrübe	936331-72-5	Thiencarbazon	416.34
Zuckerrübe	135990-29-3	Triflursulfuron	869.54
Banane	009005-70-3	Polysorbat 85	349.63
Weizen	142469-14-5	Tritosulfuron	848.52
Apfel	011138-66-2	Xanthan	349.63
Karotte	011138-66-2	Xanthan	342.89
Kartoffel	011138-66-2	Xanthan	342.89
Raps	011138-66-2	Xanthan	332.02
Weizen	011138-66-2	Xanthan	345.50
Zuckerrübe	011138-66-2	Xanthan	342.89
Kartoffel	1315501-18-8	zeta-Cypermethrin	394.68
Raps	1315501-18-8	zeta-Cypermethrin	369.72
Weizen	1315501-18-8	zeta-Cypermethrin	419.63
Zuckerrübe	1315501-18-8	zeta-Cypermethrin	394.68
Apfel	001314-84-7	Zinkphosphid	349.63
Karotte	001314-84-7	Zinkphosphid	342.89
Kartoffel	001314-84-7	Zinkphosphid	342.89
Raps	001314-84-7	Zinkphosphid	332.02
Weizen	001314-84-7	Zinkphosphid	345.50

## 9.2 Hilfstabellen

### Zuordnen von CAS-Nr. zu Wirkstoffnamen («CAS substance mapping»)

In den PSMV sind die Wirkstoffe als Namen angegeben. Je nach verwendeter Nomenklatur, je nach Sprache des PSMV sowie je nach verwendeter Terminologie kann sich die Benennung der Wirkstoffe zwischen den PSMV merklich unterscheiden. Eine Standardisierung der Wirkstoffnamen ist daher nötig, um die Informationen aus dem PSMV (Wirkstoffnamen) mit den Charakterisierungsfaktoren und dem Status zu der Zulassung von Wirkstoffen («Farming\_system» Liste) erfolgreich zu verknüpfen.

«Methode USEtox», «OLCA-Pest» und «EF» standardisieren die Wirkstoffe über die CAS-Nr. Es bietet sich daher an, diese Standardisierung auch für die Wirkstoffe im PSMV anzuwenden. CAS-Nummern werden wie folgt definiert: *«Die CAS-Nummer (engl. «CAS Registry Number», CAS = Chemical Abstracts Service) ist ein internationaler Bezeichnungsstandard für chemische Stoffe. Für jeden bekannten chemischen Stoff existiert eine eindeutige CAS-Nummer<sup>22</sup>»*. Der Vorteil von CAS-Nummern ist die Eindeutigkeit, was bei Summenformeln nicht gegeben ist. IUPAC-Namen sind oft sehr kompliziert und eignen sich daher ebenfalls wenig.

Die für das Pilotprojekt erstellte Zuordnungsdatei verlinkt eindeutige Wirkstoffnamen (z.B. verschiedensprachige) wie IUPAC-Namen mit der entsprechenden CAS-Nummer. Jede CAS-Nummer kann einen oder mehrere eindeutige Wirkstoffnamen erhalten. Die Zuordnungsdatei enthält zurzeit rund 7'000 eindeutige CAS-Nummern und wurde für dieses Projekt erstellt.

### Zuordnen von Kulturen und Kulturgruppen aus dem PSMV zu eindeutigen Kulturnamen («Culture crop mapping»)

Analog zur Zuordnung von CAS-Nr. und Wirkstoffnamen werden die Kulturnamen mithilfe der Zuordnungsdatei zwischen den PSMV standardisiert. Damit ist es möglich, Kulturnamen wie «Kartoffel» (Deutsch), «Potato» (Englisch) oder «Pomme de terre» (Französisch) eindeutig auf einen standardisierten Kulturnamen wie z.B. «Kartoffel» zuzuordnen. Ausserdem werden in einigen PSMV Wirkstoffe deklariert, die unter anderem für mehrere Kulturen zutreffen können. So werden im Schweizer-PSMV beispielsweise Wirkstoffe ausgewiesen, die für den Bereich «Kernobst» zugelassen sind. Bei der Bewertung des Apfels fliesst der Bereich «Kernobst» nicht automatisch in die Berechnung mit ein, falls nicht explizit vermerkt. Über die Zuordnungsdatei ist es möglich, diesen Bereich und die dafür zugelassenen Wirkstoffe der Kultur «Apfel» zuzuordnen, damit diese mit in die Berechnung einfließen.

### Zuordnen von OLCA-Pest-Szenarien zu Wirkstoffen und eindeutigen Kulturnamen («OLCApest culture mapping»)

Für jeder im PSMV verwendete Wirkstoff und jede eindeutige Kultur werden die von «OLCA-Pest» vorgeschlagenen Szenarien zugeordnet (Nemecek et al., 2022). In diesen Szenarien ist die *Verteilung der PSM auf die verschiedenen Umweltkompartimente angegeben. Diese Verteilung spiegelt wider, wieviel Anteil (in Prozent) der Kompartimentspezifischen Charakterisierungsfaktoren zur Berechnung des kultur- und anwendungsspezifischen Charakterisierungsfaktors verwendet wird.*

### Umwandlung von Einheiten («Conversion units»)

Die Umwandlung der Einheiten ist nötig, um die Verrechnung verschiedener Parameter zu ermöglichen. Bei der Aufbereitung der PSMV werden u.a. Aufwandmenge und Wirkstoffkonzentrationen miteinander multipliziert.

### Kupfer («Kupfer»)

Kupfer kann in unterschiedlicher Form in PSM-Produkten vorliegen, so z.B. als Hydroxid oder als Sulfat. Damit kupferhaltige PSM-Produkte korrekt in die Schätzung des Ökotoxizitätspotenzials miteinfließen, wird zur Bewertung von Kupfer die reine, in den PSM-Produkten enthaltenen Kupfermetallmenge berechnet. Diese werden über das Verhältnis von Kupfer zu anderen Atomen in den Summenformeln kupferhaltiger Wirkstoffe hergeleitet. Zur Berechnung der Anteile werden die Molmassen gemäss dem Periodensystem verwendet. Die Spalte «Anteil» (Tab.

<sup>22</sup> CAS-Nummer, <https://de.wikipedia.org/wiki/CAS-Nummer>

11) zeigt die aus den Molmassen berechneten Anteile an Kupfer in den kupferhaltigen Wirkstoffen. Die Anteile werden gemäss folgender Gleichung berechnet:

$$\text{Anteil (\%)} = \frac{\# \text{ Kupferatome} * 63.46 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{\text{Molmasse} \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}}\right)}$$

Je grösser der Anteil, desto mehr reines Kupfer ist im kupferhaltigen Wirkstoff enthalten. Nach der Umrechnung wird die CAS-Nr. des kupferhaltigen Wirkstoffs mit derjenigen von reinem Kupfer («007440-50-8») ersetzt.

Tab. 11 Informationen zu kupferhaltigen Wirkstoffen.

Kupfername	CAS-Nr.	Summenformel	Kupfer- atome	Molmasse (g/mol)	Anteil
Kupfer	007440-50-8	Cu	1	63.46	100.00%
Bordeauxbrühe	008011-63-0	CuSO <sub>4</sub> und CaO (Verhältnis 1:1)	1	215.68	29.42%
Kupferoxychlorid	001332-40-7	Cu <sub>2</sub> OH <sub>3</sub> Cl	2	213.57	59.42%
Dicopper chloride trihydroxide	001332-65-6	ClCu <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>3</sub>	2	213.57	59.42%
Kupferoxychloridsulfat	008012-69-9	Cl <sub>2</sub> Cu(2HO)(O) <sub>4</sub> S	1	292.62	21.69%
Kupfer(II)-hydroxid	020427-59-2	CuH <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	1	97.56	65.04%
Kupfer(II)-sulfat (wasserfrei)	001344-73-6	CuHO <sub>4</sub> S	1	160.62	39.51%
Kupfer(II)-sulfat (wasserfrei)	007758-98-7	Cu <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2	159.60	79.52%
Kupfer(II)-sulfat (Pentahydrat)	007758-99-8	Cu <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> * 5 H <sub>2</sub> O	2	249.69	50.83%
Kupfer(II)-sulfat (Trihydrat)	016448-28-5	CuH <sub>4</sub> SO <sub>6</sub> * 3 H <sub>2</sub> O	1	213.66	29.70%
Tetrakupferhexahydroxidsulfat	001333-22-8	Cu <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>10</sub> S	4	452.29	56.12%
Kupfer(II)oxid	001317-38-0	CuO	1	79.55	79.77%
Copper ammonium complex	016828-95-8	CuH <sub>12</sub> N <sub>4</sub> <sup>2+</sup>	1	131.67	48.19%
Kupfer(II)oleat	001120-44-1	C <sub>36</sub> H <sub>66</sub> CuO <sub>4</sub>	1	626.50	10.13%

## 9.3 Datenvorbereitung

### 9.3.1 Struktur der PSMV

Für jedes im Pilotprojekt untersuchte Land wurde das entsprechende PSMV heruntergeladen und aufbereitet. Die Struktur der einzelnen PSMV sowie die darin enthaltenen Informationen wurden vorerst genauer analysiert. Die in diesem Pilotprojekt verwendeten PSMV sind ähnlich strukturiert.

- Für das PSMV von der Schweiz und jenes von Frankreich entspricht jede Zeile einem Wirkstoff, der in einem PSM-Produkt enthalten ist und für eine bestimmte Kultur und gegen einen spezifischen Schadorganismus eingesetzt werden kann.
- Im Falle von Costa Rica ist die Struktur ähnlich, wobei gewisse Informationen, wie z.B. zum Schadorganismus, fehlen. Hier entspricht jede Zeile einem Wirkstoff, der in einem PSM-Produkt enthalten ist.

### 9.3.2 Aufbereiten der PSMV

Dieses Unterkapitel beschreibt, wie die Daten aus den verschiedenen Quellen und Tabellen miteinander verknüpft wurden und welche Berechnungsschritte erfolgt sind. Der Einfachheit halber wurden die in den PSMV enthaltenen Spalten mit dem gleichen Namen benannt (Tab. 12).

Tab. 12 In den PSMV standardisierte Spaltennamen und Beschrieb der darin enthaltenen Informationen

Spaltenname im PSMV	Darin enthaltene(n) Information(en)
«product»	Namen der zugelassenen PSM-Produkte.
«substance»	Namen der in den PSM-Produkten enthaltenen Wirkstoffe. Wirkstoffe können je nach Sprache unterschiedlich benannt werden (Beispiel «Metham» (deutsch) und «Metam» (spanisch)).
«pest»	Namen der Schadorganismen, gegen welche die PSM-Produkte zugelassen sind.
«substance_conc» und «substance_conc_unit»	Gehalt des Wirkstoffs im PSM-Produkt und dazugehörige Einheit (oftmals in % oder g/L).
«product_amount» und «product_amount_unit»	Aufwandmengen von PSM-Produkten und dazugehörige Einheit (oftmals kg/ha).
«substance_amount» und «substance_amount_unit»	Aufwandmengen von Wirkstoffen und dazugehörige Einheit (umgerechnet, oftmals kg/ha).
«culture»	Die vom PSMV verwendeten Bezeichnungen für Kulturen und Kulturgruppen.
«food_product»	Kulturen, die basierend auf den in der Spalte «culture» vorhandenen Informationen zu den Kulturen im Mappingfile zugeordnet wurden.

Die CAS-Nr. wurden als neue Spalte über die Zuordnungsdatei «CAS\_substance\_mapping» an die Spalte «substance» angehängt. Die Charakterisierungsfaktoren sowie der Status über die Zulassung von Wirkstoffen verschiedener Produktionsrichtlinien wurden anschliessend mittels der «Farming\_system» Datei an die CAS-Nr. angefügt.

Die im PSMV vorhandenen Angaben zu Kulturen sowie Kulturgruppen («culture») wurden mittels der «Culture\_crop\_mapping» Datei zu eindeutigen Kulturnamen («food\_product») zugeordnet. Über die Datei «OLCApest\_culture\_mapping» wurden abhängig von der Kultur die Emissionsanteile in die entsprechenden Kompartimente angehängt. Basierend auf diesen Informationen konnten anschliessend die kulturspezifisch angepassten Charakterisierungsfaktoren berechnet werden (Kapitel 2.1.1).

Um auf die Aufwandmenge pro Wirkstoff zu schliessen, wurde die Aufwandmenge pro PSM-Produkt mit der im PSMV angegebenen Konzentration des Wirkstoffs multipliziert. Für einige Wirkstoffe wurde die Aufwandmenge des Wirkstoffs via Wassermenge zur Verdünnung des PSM-Produkts hergeleitet. Dabei wurde jeweils von einer Referenzmenge von 1'600 L Wasser pro kg Aufwandmenge PSM-Produkt ausgegangen. Es wurde sichergestellt, dass bezüglich der Einheiten («amount\_unit» und «concentration\_unit») entweder Gleiches mit Gleichem verrechnet wurde oder Ungleiches mit entsprechenden Faktoren so umgewandelt wurde, dass eine Berechnung möglich war. Für einige Wirkstoffe war eine vollständige Umrechnung der Aufwandmenge vom PSM-Produkt in Wirkstoffe nicht möglich, da die im PSMV angegebenen Einheiten der Wirkstoffkonzentration und der PSM-Aufwandmenge nicht kompatibel waren. Diese PSMV Einträge wurden bei der Schätzung des Ökotoxizitätspotenzials folglich nicht beachtet. Für kupferhaltige Wirkstoffe wurden die berechneten Aufwandmengen pro Wirkstoff mit den Anteilen in Tab. 11 verrechnet und so in reine Kupfermetallmengen umgerechnet.