



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF

November 2020

Schrittweiser Ausstieg aus der Verwendung von Glyphosat: Zweckmässigkeit und Modalitäten

Bericht des Bundesrates

in Erfüllung des Postulates 17.4059 von Frau Nationalrätin Adèle Thorens Goumaz

vom 11. Dezember 2017

Inhaltsverzeichnis

1	Text des Postulates	7
2	Politischer Kontext	8
2.1	Aktionsplan Pflanzenschutzmittel (PSM).....	8
2.2	Weiterentwicklung der Agrarpolitik ab 2022 (AP22+).....	8
2.3	Volksinitiativen «Trinkwasserinitiative» und «Für eine Schweiz ohne synthetische Pestizide»	8
2.4	Ständeratsinitiative «Das Risiko beim Einsatz von Pestiziden reduzieren»	9
3	Umfeldanalyse	9
3.1	Die Debatte um Glyphosat.....	9
3.2	Nationale Studien zu den Folgen eines Glyphosat-Verbots	10
3.3	Auswirkungen eines Glyphosat-Verbotes gemäss Literatur	11
3.3.1	Ökologische Auswirkungen	12
3.3.2	Agronomische Auswirkungen	13
3.3.3	Ökonomische Auswirkungen	13
4	Glyphosat in der Schweiz	14
4.1	Verkaufsstatistiken.....	14
4.2	Vergleich mit europäischen Ländern	15
4.3	Hauptanwendungen in der Landwirtschaft.....	16
4.3.1	Ackerbau.....	16
4.3.2	Obstbau	16
4.3.3	Rebbau	16
5	Ausstieg aus Glyphosat: ein partizipatives Projekt im Dialog mit den betroffenen Kreisen	17
5.1	Einführung.....	17
5.2	Mögliche Alternativen	17
5.3	Noch nicht reife Alternativen.....	19
5.4	Agronomische Betrachtung der Alternativen.....	20
5.4.1	Ackerbau.....	20
5.4.2	Obstbau	20
5.4.3	Rebbau	21
5.5	Ökonomische Auswirkungen der Alternativen	21
5.6	Evaluation der Alternativen basierend auf der Ökobilanzierung	22
6	Schrittweiser Glyphosat-Ausstieg in der Schweiz: eine Lagebestimmung	23
6.1	Risiken	23

6.2 Chancen.....	23
6.3 Schlussfolgerungen	24
Anhang 1: Glossar	25
Anhang 2: Bibliographie.....	26

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Geschätzte durchschnittliche Glyphosat-Aufwandmenge pro Hektare landwirtschaftlicher Fläche (UAA) in der konventionellen Landwirtschaft, in den 28+4 EU-Ländern im Jahr 2017.	15
Abbildung 2: Abweichung der Umweltauswirkungen von ausgewählten Glyphosat-Alternativen im Vergleich zum Glyphosat-Verfahren (100 %).	22

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anzahl Tonnen verkauftes Glyphosat in der Schweiz zwischen 2008 und 2019.	14
Tabelle 2: Beurteilung von möglichen Alternativen im Vergleich zu den Glyphosat-Hauptanwendungen.	18
Tabelle 3: Beurteilung von Alternativen, welche noch nicht reif oder wenig erprobt sind im Vergleich zu den Glyphosat-Hauptanwendungen.....	19
Tabelle 4: Vergleich der Kosten von ausgewählten Alternativen im Vergleich zum Glyphosat-Verfahren.....	21

Management Summary

Am 11. Dezember 2017 hat Frau Nationalrätin Adèle Thorens Goumaz das Postulat 17.4059 mit dem Titel „Schrittweiser Ausstieg aus der Verwendung von Glyphosat. Zweckmässigkeit und Modalitäten“ eingereicht.

Zur Beantwortung des Postulates hat das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) die Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften (HAFL) und Agroscope beauftragt, je einen Bericht zum Thema zu verfassen. Ausgehend von diesen Arbeiten sowie aus Angaben der Literatur wird Folgendes festgestellt:

- Der Bund hat im Rahmen des «Aktionsplans zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (PSM)» mit der Einführung der Ressourceneffizienzbeiträge (REB) den Verzicht auf einen Herbizid-Einsatz im Obst-, Reb- und Zuckerrübenanbau seit 2018 gefördert. 2019 wurde die Förderung auf alle Kulturen auf offenen Ackerflächen erweitert. Der Bundesrat hat am 12. Februar 2020 die Botschaft zur Weiterentwicklung der Agrarpolitik ab 2022 (AP22+) verabschiedet. Der Bundesrat hat mit der AP22+ seinen Willen angekündigt, den eingeschlagenen Weg des Aktionsplanes noch zu verstärken. Die Kommission für Wirtschaft und Abgaben des Ständerates (WAK-S) hat an ihrer Sitzung vom 21. August 2020 beantragt, die Beratungen zum Landwirtschaftsgesetz zu sistieren. Der Ständerat wird als Erstrat darüber entscheiden. Stimmt der Ständerat zu, geht das Geschäft an den Nationalrat.
- Die WAK-S hat die Ständeratsinitiative «Das Risiko beim Einsatz von Pestiziden reduzieren» eingereicht. Die Initiative will die Risiken, die mit dem Einsatz von PSM verbundenen sind, bis 2027 halbieren. Am 14. September 2020 stimmte der Ständerat der parlamentarischen Initiative der WAK-S zu. Eine Mehrheit der WAK-NR ist dem Ständerat weitgehend gefolgt. Die parlamentarische Initiative muss nun vom Nationalrat behandelt werden.
- Zwei Volksinitiativen zu PSM sind eingereicht worden: Die Trinkwasserinitiative (TWI) und die Volksinitiative «Für eine Schweiz ohne synthetische Pestizide» (SOSP). Die entsprechenden Volksabstimmungen sind in der ersten Hälfte 2021 vorgesehen. Die Annahme der Initiativen hätte eine bedeutende Auswirkung auch auf den Glyphosat-Verbrauch in der Schweiz: von einer starken Abnahme bis zu einem Totalverbot.
- Im März 2015 kam die International Agency for Research on Cancer (IARC) der Weltgesundheitsorganisation (WHO) zum Schluss, dass Glyphosat «wahrscheinlich krebserregend für den Menschen» sei. Im Gegensatz zur Einschätzung der IARC kommen die Europäische Chemikalienagentur (ECHA), der Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues (JMPR), die australischen, japanischen, kanadischen und neuseeländischen Pestizidbehörden sowie die amerikanische Umweltschutzbehörde (US-EPA) zum Schluss, dass Glyphosat als «nicht krebserregend» eingestuft werden könne. Dieser Schluss wird vom Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV) geteilt.
- Die öffentliche Sorge im Zusammenhang mit dem Glyphosat-Einsatz hat in der Europäischen Union (EU) im Rahmen der Erneuerung der Genehmigung des Wirkstoffes zu politischen Auseinandersetzungen geführt. Auch in der Schweiz werden auf politischer Ebene Anfragen zum Wirkstoff gestellt.
- Die Glyphosat-Anwendung ist ein wichtiger Bestandteil der konservierenden Bodenbearbeitung. Glyphosat ersetzt die Unkrautbekämpfung durch Pflug oder oberflächliche Bodenbearbeitung. Ein Fünftel der Ackerbaukulturen liegt in der Schweiz auf erosionsgefährdeten Flächen. Diese Flächen müssen vorläufig weiterhin mit Glyphosat behandelt werden, bis bodenkonservierende Verfahren ohne Glyphosat zur Verfügung stehen. Dies bedeutet, dass die restlichen vier Fünftel bereits heute ohne Glyphosat bewirtschaftet werden könnten.
- Allgemein ist auf nicht erosionsgefährdeten Ackerbauflächen der Glyphosat-Ersatz durch eine mehr (bei Problemunkräutern) oder weniger (ohne Problemunkräutern) intensive Bodenbearbeitung im Frühjahr möglich und wird auch praktiziert. Der Glyphosat-Ersatz durch eine oberflächliche Bodenbearbeitung zur Stoppelbehandlung nach der Getreide- oder Rapsenernte wird – auf nicht erosionsgefährdeten Flächen und sofern keine Problemunkräuter vorhanden sind - als realistisch eingeschätzt und praktiziert.

- Beim Obstbau wird der Mäusedruck im Falle von begrünten Streifen unter den Baumreihen als Problem genannt. Deshalb wird eine Unkrautregulierung unter den Baumreihen vorgenommen. Falls keine Mäuseproblematik besteht, stehen zur Reduktion des Glyphosat-Einsatzes im Obstbau erprobte mechanische Verfahren zur Verfügung. Bei den Glyphosat-Alternativen muss man von einem Mehraufwand ausgehen.
- Im Rebbau wird in Lagen mit genug Niederschlägen die Begrünung der Fahrgassen praktiziert. In diesen Lagen werden die Fahrgassen gemäht und eine Unkrautregulierung wird ausschliesslich in den Reihen unter den Reben vorgenommen. Im Rebbau wird die Möglichkeit einer Reduktion des Glyphosat-Einsatzes in mechanisierbaren Parzellen als möglich angesehen. Ein Glyphosat-Verzicht in schwer mechanisierbaren Hanglagen oder in trockenen Lagen welche Unkrautfreiheit benötigen, würde zu einem erheblichen Mehraufwand führen.
- Ein Glyphosat-Verzicht verursacht beim heutigem Stand der Technik eine intensivere Bodenbearbeitung im Ackerbau und führt zu einer intensivieren mechanischen Regulierung von Unkräutern im Obst- und Rebbau. Dies verursacht höhere Kosten auf Betriebsebene. Es ist aber davon auszugehen, dass die Erträge pro Fläche unverändert bleiben.
- Die Glyphosat-Anwendung ist aus Sicht der Auswirkungen auf Klima, Bodenschutz und nicht erneuerbare Ressourcen vorteilhafter als die meisten aktuellen Ersatzlösungen. Glyphosat ist bezüglich Wirkung, Zeitbedarf und Kosten auch effizienter. Die nichtchemischen Ersatzlösungen schneiden bei der Süsswasser-Ökotoxizität allgemein besser ab als Glyphosat-Verfahren. Schweizer Monitoring-Daten zeigen, dass bei den aktuell bekannten Glyphosat-Konzentrationen in oberirdischen Gewässern keine negativen Auswirkungen auf Gewässerorganismen durch Glyphosat zu befürchten sind.
- Im europäischen Vergleich liegt die Schweiz unter den Ländern mit einem tiefen Glyphosat-Verbrauch pro Fläche. Die Glyphosat-Verkaufsmenge in der Schweiz ist in den letzten zehn Jahren insgesamt um 63 Prozent gesunken. Dies kann mit der Einführung von Ressourceneffizienzbeiträgen (REB) für die schonende Bodenbearbeitung und der damit verbundenen Beschränkung der Aufwandmenge auf maximal 1.5 Kilogramm Glyphosat pro Hektare im Ackerbau teilweise erklärt werden. Zu bemerken ist, dass in der Schweiz, im Gegenteil zu mehreren europäischen Ländern Glyphosat-Anwendungen direkt auf den Kulturen zur Sicherstellung der Abreifebeschleunigung (Sikkation) kurz vor der Ernte nie bewilligt wurden.
- Es ist davon auszugehen, dass in der Landwirtschaft aufgrund der öffentlichen Diskussion und im Hinblick auf zu erwartende Einschränkungen im Glyphosat-Gebrauch bereits präventiv eine Reduktion oder ein Verzicht stattgefunden hat, primär bei denjenigen Anwendungen wo dies ohne grössere Nachteile möglich ist. Ebenfalls kann davon ausgegangen werden, dass sich die Landwirtschaft bereits heute auf mögliche Erwartungen des Marktes bezüglich einer Produktion mit einem möglichst geringen Einsatz oder ohne Glyphosat einstellt. Die im Rahmen der AP22+ vorgesehenen Massnahmen zur Reduktion der Risiken beim PSM-Einsatz unterstützen diesen Trend.
- Die parlamentarische Initiative «Das Risiko beim Einsatz von Pestiziden reduzieren», der Aktionsplan Pflanzenschutzmittel (PSM) und die Massnahmen im Rahmen der AP22+ zielen darauf ab, den PSM-Einsatz und die damit verbundenen Risiken nachweislich zu reduzieren. Dabei liegt der Fokus nicht auf einem einzelnen Stoff, sondern auf der Erreichung der globalen Risikoreduktionsziele. Ein Ausstiegsplan, der auf eine einzelne Substanz fokussiert, wäre nicht zielführend. Dies umso mehr, als Glyphosat nach der heutigen Beurteilung der massgebenden nationalen und internationalen Bewilligungsbehörden – bei Einhaltung der Anwendungsvorschriften - kein besonderes Risiko für die menschliche Gesundheit oder für die Umwelt darstellt.
- Der Bericht zeigt, dass es trotz bereits umgesetzter Massnahmen ein weiteres Potenzial zur Reduktion des Glyphosat-Einsatzes gibt, das agronomisch und ökologisch vertretbar ist. In einigen Bereichen ist es möglich, rasch alternative Methoden einzuführen. Anwendungen, bei denen vorläufig nicht auf Glyphosat verzichtet werden kann, könnten zu einem späteren Zeitpunkt umgestellt werden. Dadurch würde der Forschung die nötige Zeit zur Entwicklung von Alternativen zur Verfügung stehen und die bereits existierenden Alternativen könnten zur Praxisreife gebracht werden.

- Der Bundesrat ist der Auffassung, dass die Anstrengungen zur Reduktion des PSM-Einsatzes im Allgemeinen und von Herbiziden im Besonderen weitergeführt werden sollen. Dafür werden im Rahmen der AP22+ die nötigen Instrumente vorgeschlagen.

1 Text des Postulates

Am 11. Dezember 2017 hat Frau Nationalrätin Adèle Thorens Goumaz folgendes Postulat eingereicht:

Der Bundesrat wird aufgefordert, in einem Bericht aufzuzeigen, inwiefern ein schrittweiser Ausstieg aus der Verwendung von Glyphosat zweckmässig wäre und auf welche Weise dieser Ausstieg - der im Dialog mit den betroffenen Kreisen, insbesondere mit der Landwirtschaft, erfolgen muss - bewerkstelligt werden könnte. In diesem Bericht sollen insbesondere die Chancen und Risiken eines schrittweisen Ausstiegs aus der Verwendung von Glyphosat aufgezeigt werden; ferner wird aufzuzeigen sein, wie diese Chancen genutzt und die Risiken minimiert werden können. Alternativen zur Verwendung von Glyphosat, seien diese nun schon vorliegend oder seien sie über die Forschung erst zu entwickeln, sollen insbesondere im Hinblick auf ihr Potenzial und ihre technischen, ökologischen und wirtschaftlichen Auswirkungen dargelegt werden.

Glyphosat ist wegen der Unsicherheit, die über seine Auswirkungen auf die Gesundheit herrscht, äusserst umstritten. 2015 hat die Internationale Agentur für Krebsforschung (IARC), eine Einrichtung der WHO, Glyphosat als für den Menschen "wahrscheinlich krebserregend" eingestuft. Kurz darauf haben die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (Efsa) und die Europäische Chemikalienagentur (Echa) dieser Einstufung widersprochen. Allerdings wurde die Efsa in der Folge beschuldigt, ihren Bericht auf ein Dokument von Monsanto abzustützen, in dem der Hersteller um die Verlängerung der Zulassung des Pestizids ersucht, und aus diesem Gesuch hundert Seiten übernommen zu haben. Angesichts dieser Vorgänge mobilisiert sich die Zivilgesellschaft, und mehrere europäische Staaten haben es abgelehnt, die Zulassung von Glyphosat zu verlängern. Die Verlängerung wurde nun aber dank der Stimme Deutschlands für fünf Jahre gewährt; sie hat in Deutschland zu einer wüsten Polemik geführt. Frankreich verlangt eine europäische Strategie für den Ausstieg aus der Verwendung von Glyphosat, und von französischer Seite wurde angekündigt, dass man innert dreier Jahre selbst die Initiative ergreifen werde.

Die Schweiz entwickelt Politiken zur Förderung der lokalen Landwirtschaft, welche die Umwelt respektiert und heimische Produkte fördert und die Bevölkerung mit gesunden Lebensmitteln versorgt. Diese Massnahmen sind Teil einer Qualitätsstrategie, welche Schweizer Produkte, bei uns und im Ausland, von Erzeugnissen unterscheidet, die auf weniger verantwortungsvolle Weise hergestellt worden sind. Die Schweiz hat bereits heute alles Interesse, einen schrittweisen Ausstieg aus der Verwendung von Glyphosat ins Auge zu fassen. Es wird darum gehen herauszufinden, auf welche Weise dies konkret geschehen kann; insbesondere sind heutige und zukünftige Alternativen zu Glyphosat zu untersuchen. Lassen wir uns nicht von anderen europäischen Agrarstaaten überholen, und geben wir uns die Mittel, damit wir die Chancen, welche ein solcher Umstieg mit sich bringt, nutzen können.

Mitunterzeichnende

Arslan Sibel, Birrer-Heimo Prisca, Chevalley Isabelle, de la Reussille Denis, Fehlmann Rielle Laurence, Girod Bastien, Glättli Balthasar, Graf Maya, Häsler Christine, Jans Beat, Kälin Irène, Maire Jacques-André, Marra Ada, Mazzone Lisa, Moser Tiana Angelina, Quadranti Rosmarie, Reynard Mathias, Ruiz Rebecca Ana, Rytz Regula, Schelbert Louis, Schneider Schüttel Ursula, Seiler Graf Priska, Semadeni Silva, Sommaruga Carlo, Tornare Manuel.

2 Politischer Kontext

Die PSM-Anwendung steht im Fokus der öffentlichen Debatte. Dieses Kapitel gibt einen Überblick der politischen Massnahmen, welche auf Bundesebene ergriffen werden, um die Risiken – welche im Zusammenhang mit PSM (und damit indirekt auch mit Glyphosat) stehen - zu reduzieren.

2.1 Aktionsplan Pflanzenschutzmittel (PSM)

Der Bundesrat hat am 6. September 2017 den Aktionsplan zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln verabschiedet (Schweizerischer Bundesrat, 2017). Die Risiken sollen halbiert und Alternativen zum chemischen Pflanzenschutz gefördert werden. Dazu wurden 51 Massnahmen ausgearbeitet. Eine zentrale Massnahme des Aktionsplanes ist der Verzicht oder Teilverzicht auf Herbizide.

Der Einsatz von Herbizid-Alternativen wird in den Direktzahlungen mit verschiedenen Beiträgen gefördert:

- Mit dem Beitrag für den biologischen Landbau wird unter anderem auch der Herbizid-Verzicht unterstützt.
- Im Rahmen der REB wird seit 2014 die schonende Bodenbearbeitung gefördert. Ein Zusatzbeitrag wird gewährt, wenn bei den Verfahren zur schonenden Bodenbearbeitung ganz auf Herbizide verzichtet wird.
Die Beteiligung an den REB-Programmen mit einer schonenden Bodenbearbeitung stieg zwischen 2015 und 2019 - bezogen auf die offene Ackerfläche (275'439 ha) - von 18 (50'493 ha, davon 3'956 ha ohne Herbizide) auf 32 Prozent (87'594 ha, davon 11'321 ha ohne Herbizide). Auf den Flächen «bodenschonend mit Herbizid-Einsatz» (76'273 ha) war ein allfälliger Glyphosat-Einsatz auf 1,5 Kilo Wirkstoff pro Hektare und Jahr beschränkt.
- Im Rahmen der REB wird die Reduktion des Herbizid-Einsatzes im Obst- und Rebbaubereich (darunter Glyphosat) seit 2018 gefördert.
Im Jahre 2019 wurden insgesamt 18 Prozent der Obst- und Rebflächen ohne Herbizide bewirtschaftet (zwei Drittel davon Flächen, die im biologischen Landbau bewirtschaftet werden).

2.2 Weiterentwicklung der Agrarpolitik ab 2022 (AP22+)

Der Bundesrat hat am 12. Februar 2020 die AP22+ verabschiedet (Schweizerischer Bundesrat, 2020).

Mit der AP22+ will der Bundesrat die agrarpolitischen Rahmenbedingungen in den Bereichen Markt, Betrieb und Umwelt verbessern. Die Land- und Ernährungswirtschaft soll die Wertschöpfung am Markt steigern, die betriebliche Effizienz erhöhen und die Umweltbelastung sowie den Verbrauch von nicht erneuerbaren Ressourcen weiter reduzieren.

Im Rahmen der AP22+ sollen für alle Kulturen Produktionssystembeiträge zur Förderung von Alternativen zum Herbizid-Einsatz - folglich auch ohne Glyphosat - eingeführt werden.

Die WAK-S hat an ihrer Sitzung vom 21. August 2020 ein Kommissionspostulat¹ eingereicht, welches den Bundesrat beauftragt, in der Agrarpolitik einen ganzheitlichen Ansatz zu verfolgen. Ausserdem beantragt sie ihrem Rat, unter anderem die Behandlung der Botschaft zur AP 22+ zu sistieren bis der Bundesrat ihr Kommissionspostulat mit einem Bericht erfüllt hat. Lediglich die finanziellen Mittel für die Landwirtschaft in den Jahren 2022–2025 sollen beraten werden.

Der Ständerat wird als Erstrat darüber entscheiden. Stimmt der Ständerat zu, geht das Geschäft an den Nationalrat.

2.3 Volksinitiativen «Trinkwasserinitiative» und «Für eine Schweiz ohne synthetische Pestizide»

Zwei Volksinitiativen zu PSM sind eingereicht worden:

- Die Initiative «Für sauberes Trinkwasser und gesunde Nahrung – Keine Subventionen für den Pestizid- und den prophylaktischen Antibiotika-Einsatz» (Trinkwasserinitiative, TWI) wurde am

¹ Postulat 20.3931

18. Januar 2018 eingereicht. Sie verlangt, dass nur noch diejenigen Landwirtschaftsbetriebe mit Direktzahlungen unterstützt werden, die unter anderem keine Pestizide einsetzen.

- Die Initiative «Für eine Schweiz ohne synthetische Pestizide» (SOSP) ist am 25. Mai 2018 eingereicht worden. Die Initiative verlangt ein Verbot von synthetischen Pestiziden in der landwirtschaftlichen Produktion, in der Verarbeitung landwirtschaftlicher Erzeugnisse, in der Boden- und Landschaftspflege und bei der Einfuhr oder Herstellung von Lebensmitteln.

Die entsprechenden Volksabstimmungen erfolgen spätestens in der ersten Hälfte 2021. Die Annahme der Initiativen hätte eine bedeutende Auswirkung auf den Glyphosat-Verbrauch in der Schweiz, von einer starken Abnahme bis zum Totalverbot.

2.4 Ständeratsinitiative «Das Risiko beim Einsatz von Pestiziden reduzieren»

Die Initiative der WAK-S «Das Risiko beim Einsatz von Pestiziden reduzieren»² schlägt vor, die Ziele des Aktionsplans gesetzlich zu verankern. Sie ist formell kein Gegenvorschlag zur TWI und zur SOSP, sondern eine Reaktion darauf. Kernpunkt der Vorlage ist, die mit dem PSM-Einsatz verbundenen Risiken für Oberflächengewässer, naturnahe Lebensräume und für Grundwasser, das als Trinkwasser genutzt wird, bis 2027 um 50 Prozent zu reduzieren. Dafür soll auch auf Massnahmen zurückgegriffen werden, die in den letzten drei Jahren im Rahmen des Aktionsplans erarbeitet wurden.

Weiter enthält die Vorlage eine Verstärkung des Gewässerschutzes. Entsprechend will der Ständerat das Gewässerschutzgesetz ergänzen. Die Zulassung einer Substanz soll auf den Prüfstand, wenn in Gewässern, aus denen Trinkwasser entnommen wird, sowie in Flüssen und Seen Grenzwerte für Biozide und PSM wiederholt und verbreitet überschritten werden. Im Zuströmbereich von Trinkwasserfassungen will der Ständerat nur PSM zulassen, deren Verwendung keine zu hohen Konzentrationen von Wirkstoffen und Abbauprodukten hinterlassen.

Der Bundesrat steht dem von der Initiative vorgeschlagenen Einbezug der Branchen positiv gegenüber. So würden Organisationen in die Verantwortung genommen, eigene Massnahmen zu ergreifen. Für die Landwirtschaft stelle dies aber eine Herausforderung dar, da Nutzpflanzen vor Schädlingen geschützt werden müssten, um die Produktion genügender und hochwertiger Nahrungsmittel zu gewährleisten.

Am 14. September 2020 stimmte der Ständerat der parlamentarischen Initiative der WAK-S weitgehend zu. Eine Mehrheit der WAK-NR ist dem Ständerat weitgehend gefolgt. Die parlamentarische Initiative muss nun vom Nationalrat behandelt werden.

3 Umfeldanalyse

3.1 Die Debatte um Glyphosat

Glyphosat ist ein langsam wirkendes, nicht-selektives Totalherbizid, welches in der Pflanze sehr beweglich ist. Diese Eigenschaften machen Glyphosat wirksamer als andere Herbizide gegen mehrjährige Problemunkräuter. Weltweit ist Glyphosat eines der am meisten angewendeten chemischen PSM.

Im März 2015 kam die International Agency for Research on Cancer IARC der Weltgesundheitsorganisation (WHO) zu dem Schluss, dass Glyphosat «wahrscheinlich krebserregend für den Menschen» sei. Daraus folgten in den USA Klagen mit Entschädigungs-Forderungen gegen die Firma Monsanto und danach gegen die Rechtsnachfolgerin, die Firma Bayer AG. Nach drei verlorenen Prozessen und Schadenersatzurteilen in Millionenhöhe wegen Krebsrisiken von Glyphosat sind in den USA zurzeit zehntausende Klagen hängig (Bayer AG, 2019). Die Kläger beriefen sich auf die Beurteilung der IARC. Die amerikanische Umweltschutzbehörde (US-EPA) hatte einen Warnhinweis auf mögliche Krebsgefahren als nicht nötig erachtet (EPA, 2017). Die gerichtlichen Verhandlungen laufen immer noch.

² Parlamentarische Initiative 19.475

Im März 2017 kam die Europäische Chemikalienagentur ECHA³ zum Schluss, dass Glyphosat als «nicht krebserregend» eingestuft werden könne. Der Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues (JMPR), die US-EPA sowie die australischen, japanischen, kanadischen und neuseeländischen Pestizidbehörden kamen zu den gleichen Schlussfolgerungen. Diese Beurteilung wird vom Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen BLV⁴ geteilt.

Besonders nach der Beurteilung der IARC wurden Nichtregierungsorganisationen aktiv, um eine Nicht-Erneuerung von Glyphosat in der EU zu erwirken. Als Folge sammelte die europäische Bürgerinitiative «Stop Glyphosate» bis Ende 2017 1.3 Millionen Unterschriften gegen die Erneuerung des Wirkstoffes in der EU. In diesem Kontext forderte das Europäische Parlament, die Glyphosat-Anwendung bis Dezember 2022 auslaufen zu lassen. Schliesslich erneuerte die Europäische Kommission am 12. Dezember 2017 die Glyphosat-Zulassung, allerdings nur für fünf Jahre. Folglich wird Glyphosat in der EU im 2022 erneut zur Bewertung anstehen.

Die öffentliche Sorge im Zusammenhang mit dem Glyphosat-Einsatz hat in der EU im Rahmen der Erneuerung der Genehmigung des Wirkstoffes zu politischen Auseinandersetzungen geführt. Auch in der Schweiz werden auf politischer Ebene Anfragen zum Wirkstoff gestellt.

Das BLV führte in Erfüllung des Postulates 15.4084 der Kommission für Wissenschaft, Bildung und Kultur des Nationalrates eine Studie zu Glyphosat-Rückständen in Lebensmitteln durch. Die Studie bestätigt, dass Glyphosat-Rückstände, die in den beprobten Lebensmitteln vom Schweizer Markt gefunden wurden, für den Verbraucher gesundheitlich unbedenklich sind (Zoller et al. 2018). Wie erwartet waren Produkte aus schweizerischen Erzeugnissen weniger belastet als importierte Getreideprodukte wie Teigwaren aus Hartweizen und Hülsenfrüchte-Produkte. Dies weil im Gegensatz zu anderen Ländern in der Schweiz die Glyphosat-Behandlung in der Kultur kurz vor der Ernte nicht erlaubt ist.

3.2 Nationale Studien zu den Folgen eines Glyphosat-Verbots

Im Rahmen der nationalen Debatten zum Wirkstoff Glyphosat wurden in mehreren europäischen Ländern Berichte veröffentlicht, in denen die potenziellen Auswirkungen eines Glyphosat-Verbots analysiert wurden (Kudsk und Mathiassen, 2020). Dieses Kapitel gibt einen Überblick über einzelne dieser Studien.

Deutsche Studien

In einer Studie der Bundesforschungsanstalt für Kulturpflanzen Julius-Kühn-Institut (Kehlenbeck et al. 2015) wurden die wirtschaftlichen Glyphosat-Auswirkungen auf fünf gängigen Fruchtfolgen untersucht. Im Winterweizen verursacht ein Glyphosat-Verzicht zusätzliche Arbeiten mit entsprechenden zusätzlichen Kosten. Dies führt zu einem Verlust in Höhe von sechs bis 17 Prozent der Nettomarge. Kehlenbeck et al. (2015) evaluierten auch die potenziellen Auswirkungen des Glyphosat-Verzichtes auf den Apfelanbau als Beispiel für eine mehrjährige Kultur und stellten weitaus schwerwiegendere wirtschaftliche Folgen fest als für die Ackerkulturen.

Eine weitere Studie von Forschern der Universität Göttingen evaluierte die Auswirkungen eines allfälligen Glyphosat-Verbots auf den deutschen Ackerbau (Schulte et al. 2016). Diese Studie basiert auf einer Datenerhebung bei 2'026 Betrieben. Drei Fruchtfolgen wurden in die Studie einbezogen. Die wirtschaftlichen Verluste entsprachen sechs bis 39 Prozent der Nettomarge. Die Einkommensverluste waren in erster Linie auf gestiegene Lohn- und Maschinenkosten und nicht auf geringere Erträge zurückzuführen.

³ Die ECHA prüft u.a. die Vorschläge zur harmonisierten Einstufung und Kennzeichnung und gibt eine Stellungnahme zur vorgeschlagenen harmonisierten Einstufung von Stoffen als krebserzeugend, erbgutverändernd, fortpflanzungsgefährdend oder als Inhalationsallergen oder von Fall zu Fall im Hinblick auf andere Wirkungen ab.

⁴ <https://www.blv.admin.ch/blv/de/home/lebensmittel-und-ernaehrung/lebensmittelsicherheit/stoffe-im-fokus/pflanzenschutzmittel/glyphosat.html>.

Französische Studie

Die Analyse der Glyphosat-Anwendung von Reboud et al. 2017 stützte sich weitgehend auf die vom DEPHY-Netzwerk⁵ gesammelten Daten, die mehr als 3'000 landwirtschaftliche Betriebe repräsentieren. Diese Betriebe arbeiten eng mit lokalen Beratern zusammen, um den Pestizideinsatz zu reduzieren (Lapierre et al. 2019). Am häufigsten wurde Glyphosat eingesetzt von LandwirtInnen, die Direktsaat oder konservierende Landwirtschaft betreiben (100 % dieser LandwirtInnen setzten Glyphosat ein). Insgesamt bestand eine klare umgekehrte Beziehung zwischen dem Glyphosat-Einsatz und der Intensität der Bodenbearbeitung. Das Management von Unkräutern im Obst- und Rebbau oder nach der Ernte bei Ackerbaukulturen ist eine andere Situation, in welcher der Glyphosat-Verzicht problematisch sein könnte. Bei mehrjährigen Kulturen ist Glyphosat in steilen Hängen aufgrund der Schwierigkeit einer maschinellen mechanischen Unkrautbekämpfung und durch das erhöhte Risiko von Boden-erosion nur schwer zu ersetzen.

Österreichische Studie

In Österreich wurde 2019 eine umfassende «Nationale Machbarkeitsstudie zum Glyphosat-Ausstieg» publiziert (Steinkellner, 2019). Es wurden 41 persönliche Interviews mit Land- und ForstwirtInnen geführt. Der Grossteil der InterviewpartnerInnen spricht sich aus ökonomischen und ökologischen Gründen gegen ein österreichweites Verbot aus. Ausgehend von der zunehmenden Erosionsgefährdung durch den steigenden Anteil erosionsgefährdeter Feldfrüchte in Österreich (v.a. Soja, Mais, Hirse) und der Zunahme von kleinräumigen, heftigen Starkregenereignissen sollte die Mulch- und Direktsaat⁶ als Schutzmassnahme deutlich ausgeweitet werden. Eine wichtige Option dabei ist die Glyphosat-Anwendung. Chemische und mechanische Massnahmen stellen für einige InterviewpartnerInnen bei bestimmten Standorten eine Alternative dar. Als Alternative können selektive Herbizide und eine mehrmalige, intensivere mechanische Bodenbearbeitung mit geeigneten Geräten zur Unkrautbekämpfung eingesetzt werden. Eine Alternative zur Glyphosat-Anwendung im Gemüsebau ist generell die mechanische und (teilweise) die thermische Unkrautbekämpfung. Im Obst- und Rebbau werden bereits häufig mechanische Verfahren zur Unkrautbekämpfung eingesetzt. Diese führen in den Reihen zu einer höheren Anzahl an Arbeitsgängen, zu höheren Kosten und gehen mit negativen Auswirkungen wie Stammverletzungen, zum Teil stärkerer Bodenerosion und einer verstärkten Verunkrautung durch ausdauernde Unkräuter einher. In nicht traktorgängigen Terrassenanlagen im Rebbau lassen sich diese mechanischen Verfahren kaum realisieren. Durch ein österreichweites Glyphosat-Verbot erwarten viele InterviewpartnerInnen eine Reduktion der Wettbewerbsfähigkeit auf dem europäischen Markt.

Schwedische Studie

Die Studie wurde vom schwedischen Landwirtschaftsrat angefordert und enthält Beiträge einer Reihe von nationalen ExpertInnen (Johansson et al. 2019). Die Analyse basiert auf Szenarien mit und ohne Glyphosat-Einsatz auf repräsentativen landwirtschaftlichen Betrieben mit unterschiedlichen Produktionssystemen. Die Analyse ergibt, dass die LandwirtInnen ohne Glyphosat-Zugang die Intensität der Bodenbearbeitung und den selektiven Herbizid-Einsatz erhöhen und in einigen Fällen die Fruchtfolge ändern müssten. Ausserdem würden die Erträge von Ackerkulturen geringer ausfallen, in gemischten Betrieben ginge ein Grasschnitt verloren und konservierende Landwirtschaft wäre schwierig zu praktizieren. Darüber hinaus wäre das bestehende Problem des Arbeitskräftemangels noch schwieriger zu lösen. Insgesamt wird durch ein Glyphosat-Verbot ein Einkommensrückgang von fünf bis acht Prozent vorausgesagt.

3.3 Auswirkungen eines Glyphosat-Verbotes gemäss Literatur

Nachfolgend werden Inhalte aus den oben aufgeführten nationalen Studien zu einem Verbot und Inhalte aus Publikationen, welche für die Schweiz von besonderen Relevanz sind, wiedergegeben.

⁵ Französisches Netzwerk von Bauernbetrieben, welche freiwillig eine Reduktion des PSM-Einsatzes anstreben.

⁶ Unter Mulchsaat versteht man ein pflugloses Saatverfahren. Dabei werden die Pflanzenreste einer Zwischenfrucht oder das Stroh der Vorfrucht vor und nach der Neuaussaat die Bodenoberfläche bedecken und diese dadurch vor Bodenerosion und Verschlämmung schützen. Erfolgt die Mulchsaat ohne Bodenbearbeitung, wird dieses Verfahren dem Direktsaatverfahren zugeordnet (no till farming). Ansonsten findet eine konservierende Bodenbearbeitung statt, die ein einfaches Saatbeet herstellt und lediglich die Saattiefe betrifft oder die Bodenbearbeitung auf einen schmalen Frässtreifen um die Saatreihe beschränkt.

3.3.1 Ökologische Auswirkungen

Die Glyphosat-Anwendung ist im Ackerbau ein Bestandteil der konservierenden Bodenbearbeitung. Dabei ersetzt Glyphosat insbesondere die mechanische Bodenbearbeitung zwischen den Kulturen zur Unkrautbekämpfung. In Betrieben, welche eine intensivere mechanische Bodenbearbeitung in ihrer Fruchtfolge betreiben, wird Glyphosat selten angewendet.

Konservierende Bodenbearbeitung

Fruchtbarer Boden ist eine der wichtigsten Grundlagen für Nahrungs- und Futtermittel und der zentrale Produktionsfaktor der Landwirtschaft. Durch reduzierte Bodenbearbeitung nimmt der Humusgehalt im Oberboden zu, die Bodenstruktur und die biologische Aktivität werden gefördert und der Boden verfügt über eine bessere Wasserspeicherkapazität von pflanzenverfügbarem Wasser. Studien belegen, dass auf den Flächen mit Direktsaat eine durchschnittliche Erosionsminderung von 86 Prozent erreicht wird (Prashun, 2012).

Die konservierende Bodenbearbeitung wird - hinsichtlich Klimaveränderung mit extremen meteorologischen Ereignissen - als eine der wichtigsten Massnahmen betrachtet, um die Erosion fruchtbarer Böden global zu reduzieren (Borrelli et al. 2020). Dersch und Baumgarten (2019) schlussfolgern in der Machbarkeitsstudie zum Glyphosat-Verbot in Österreich, dass ein Glyphosat-Verzicht die Möglichkeiten einer reduzierten Bodenbearbeitung massiv einschränken würden. Dies bei einer zunehmenden Gefährdung des Ackerbaus durch mehr erosionsgefährdete Kulturen und häufigere kleinräumige Starkregenereignisse. Nach Bircher et al. (2019) liegen ein Fünftel der Ackerbaufläche der Schweiz in der Erosionsrisikoklasse 2 (mässige, 31'000 ha) und 3 (hohe, 32'000 ha). Durch konservierende Bodenbearbeitung lässt sich die Erosion reduzieren (Seitz et al. 2019). Prashun (2020) bestätigt für die Schweiz, dass auf Feldern mit Erosion ein signifikanter Rückgang des Bodenverlustes direkt mit dem gestiegenen Einsatz konservierender Bodenbearbeitungsverfahren zusammenhängt.

In einem 14 Jahre dauernden Versuch in der Schweiz auf nicht erosionsgefährdeten Böden fanden Anken et al. (2004) keinen Unterschied im Gehalt an organischem Kohlenstoff im Boden zwischen Fruchtfolgen mit konservierender Bodenbearbeitung (und einer höheren Anzahl Glyphosat-Anwendungen) und Fruchtfolgen mit Pflugeinsatz. Nach Keel et al. (2019) üben die Intensität der Bodenbearbeitung - unter Schweizer Verhältnissen - keinen wesentlichen Einfluss auf die Sequestrierung von CO₂ im Boden aus. Die schwedische Studie (Johansson et al. 2019) kommt zum Schluss, dass bei einem Glyphosat-Verzicht die Treibhausgasemissionen um 15 bis 20 Kilo CO₂ pro Hektare und Jahr aufgrund einer verstärkten Bodenbearbeitung zunehmen würden.

Johansson et al. (2019) erwarten, dass durch die verstärkte Bodenbearbeitung die Stickstoffauswaschung um Null bis 30 Prozent zunehmen würde. Langjährige Lysimeter-Messungen in der Schweiz zeigen, dass eine konservierende minimale Bodenbearbeitung eine tendenziell aber nicht signifikant niedrigere Stickstoffauswaschung aufweist als bei einer Bodenbearbeitung mit Pflug (Spiess et al. 2020). Diese Messungen bestätigen die Werte, welche unter Feldbedingungen in der Schweiz gemessen wurden (Anken et al. 2006).

Nach Kehlenbeck et al. (2015) sind bei Glyphosat toxische Wirkungen vor allem auf Amphibien und Algen beschrieben. Im Jahre 2017 haben die Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG) und das Ökotoxzentrum Proben aus fünf kleineren Schweizer Bächen mit unterschiedlicher landwirtschaftlicher Nutzung untersucht (EAWAG, 2019). Negative Glyphosat-Auswirkungen im Gewässer sind erst bei Konzentrationen zu befürchten, die über 120 µg/L liegen; gemessen wurden im Mittel 0.16 µg/L (BAFU, 2019).

Kehlenbeck et al. (2015) berechneten für das Anbaugelände Bodensee «Risikoindizes» von Glyphosat und alternativen Herbiziden im Obstbau. Glyphosat zeigte tiefe Risikowerte sowohl bei der Gefährdung von aquatischen und terrestrischen Organismen als auch beim Grundwasser. Andere herbizide Wirkstoffe wie MCPA, Dimethenamid-P, Pendimethalin, und Propyzamid wiesen höhere berechnete Risiken auf. Auch in Österreich wird über alternative Herbizide im Obst- und Rebbau diskutiert. Damit ein breites Spektrum an Unkräutern erfasst werden kann, müssten Herbizide kombiniert eingesetzt oder mehrere Behandlungen zu verschiedenen Zeitpunkten, passend zum Stadium der Unkräuter gemacht werden (Follak et al. 2019). Aus ökotoxikologischer Sicht ist ein breiter Glyphosat-Ersatz durch vorhandene chemisch-synthetische Herbizide daher unerwünscht.

Nach Kehlenbeck et al. (2015) werden Regenwürmer durch zugelassene Glyphosat-Aufwandmengen eher nicht beeinträchtigt, wo hingegen für den Pflugeinsatz eine stark verminderte Abundanz und Biomasse beschrieben wurde (Anken et al. 2004).

In der österreichischen Studie (Steinkellner, 2019) wird erwähnt, dass Glyphosat keine negativen Auswirkungen auf Bodenorganismen hat und die mikrobiellen Parameter durch einen sachgerechten Herbizid-Einsatz nicht beeinträchtigt werden. Die mikrobielle Artenvielfalt im Boden wird in einem Agrarökosystem vorrangig durch den mechanischen Eingriff und die angebauten Pflanzen bestimmt. Ebenso wird in der Studie erwähnt, dass Glyphosat im Vergleich zu anderen Bodenbewirtschaftungsmassnahmen keine nachteiligen Effekte auf die Biodiversität von Mykorrhizapilzen ausübt. Anken et al. (2004) fanden in Fruchtfolgen mit konservierender Bodenbearbeitung eine frühere Aktivität der Mykorrhizapilze in der Saison.

Nach der österreichischen Studie (Steinkellner, 2019) liegen keine gesicherten Belege vor, dass Glyphosat die Artenvielfalt stärker beeinflusst als andere Massnahmen zur Unkrautregulation. Die Auswirkungen eines Verbotes auf die biologische Vielfalt konnten in der schwedischen Studie (Johansson et al. 2019) auch nicht bewertet werden, da diese von einer Reihe von Faktoren in der Agrarlandschaft beeinflusst wird. Was subletale Effekte betrifft, wurden Studien über den Einfluss von Glyphosat auf Bienen veröffentlicht (Herbert et al. 2014, Balbuena et al. 2015, Motta et al. 2018). Diese Studien zeigen subletale Effekte von Glyphosat auf die Darmflora sowie auf die Orientierung und das Gedächtnis der Bienen. Eine Studie mit starker Exposition der Bienenvölker auf Glyphosat (Thompson et al. 2014) zeigte keinen negativen Effekt auf die Bienen-Mortalität und auf die Brutentwicklung.

3.3.2 Agronomische Auswirkungen

Reboud et al. (2017) sehen Glyphosat bei der Kontrolle der Begrünungen in Hanglagen, Terrassen, steinigen Böden und erosionsgefährdeten Lagen als wichtigen Mehrwert an. Gerade in Obst- und Rebbaubetrieben wäre in diesen Lagen - ohne Glyphosat - eine wirksame Unkrautbekämpfung nur durch vermehrte Handarbeit möglich.

Für Deutschland wird angenommen, dass bei einem Glyphosat-Verbot weitgestellte Fruchtfolgen und intensive mechanische Unkrautbekämpfung nötig wären (Dittmann, 2012). Kehlenbeck et al. (2015) erwarten, dass ohne Glyphosat der Pflug eingesetzt oder der Boden mehrmals oberflächlich bearbeitet würde. Ausgehend von Befragungen von Pflanzenschutzberatern der öffentlichen Beratungseinrichtungen Deutschlands gehen Schmitz und Garvert (2012) davon aus, dass bei Mais bei einem Glyphosat-Wegfall die Bodenbearbeitung intensiviert würde. Andert et al. (2018) stellten fest, dass die Herbizid-Intensität auf Parzellen mit Glyphosat-Einsatz höher war als ohne. Auch mit vorgängigem Glyphosat-Einsatz wurden also nicht weniger selektive Herbizide in den Kulturen verwendet. Eine Ausnahme bildet Mais. Beim Mais werden – falls vorgängig kein Glyphosat angewendet wurde - mehr selektive Herbizide eingesetzt. Dicke et al. (2017) verweisen darauf, dass in Deutschland Glyphosat eine wichtige Rolle zur Bekämpfung des resistenten Acker-Fuchsschwanzes und des Gemeinen Windhalms spielt.

3.3.3 Ökonomische Auswirkungen

Anken et al. (2004) fanden - ausser bei Mais mit tieferen Erträgen bei konservierender Bodenbearbeitung – im Mittelwert keinen Ertragsunterschied zwischen Fruchtfolgen mit reduzierter Bodenbearbeitung und Fruchtfolgen mit Pflugeinsatz. Reboud et al. (2017) gehen nicht von einem generellen Ertragsrückgang bei einem Glyphosat-Verbot aus, da andere Massnahmen zur Unkrautbekämpfung durchgeführt würden. Auch Steinmann et al. (2012) gehen nicht von einem generellen Ertragsrückgang durch Glyphosat-Verzicht aus, weil davon auszugehen ist, dass um Verunkrautung oder Durchwuchs zu bekämpfen, die Intensität der Bodenbearbeitung zunehmen würde. Dagegen erwarten Schmitz und Garvert (2012) durch ein Glyphosat-Verbot Ertrags- und Produktionsrückgänge bei Weizen, Futtergetreide, Mais und Ölsaaten in der Höhe von 4.3 bis 7.1 Prozent bei gleichzeitig meist steigenden Produktionskosten. Die grössten wirtschaftlichen Veränderungen sind bei den «Arbeitsleistungskosten» zu erwarten: Für die zusätzlichen Bodenbearbeitungsmassnahmen und Spritzdurchgängen steigen die Maschinen- und Arbeitskosten an.

Für den Apfelanbau in Deutschland berechneten Kehlenbeck et al. (2015) ab dem zweiten Standjahr für die mechanischen Varianten im Vergleich zur Glyphosat-Variante viermal höhere Kosten für die Unkrautbekämpfung. Der Glyphosat-Verzicht vor der Saat in einer Mais-Wintergetreide-Fruchtfolge hat nach Kehlenbeck et al. (2015) meist höhere Kosten zur Folge. Nach dieser Teilkostenrechnung

kann der mechanische Ersatz im Ackerbau aber zu einem identischen oder gar besseren betriebswirtschaftlichen Ergebnis führen, wenn durch eine einmalige Bodenbearbeitung ein gleich gutes Ergebnis wie mit Glyphosat erzielt werden kann. Wenn trotz zwei bis drei Durchgängen noch keine Wirkungsäquivalenz erreicht wird, treten Mehrkosten auf. Nach Kehlenbeck et al. (2015) müssen «ausreichend Feldarbeitstage, genügend Arbeitskraftkapazität, Wirkungsäquivalenz und die notwendige Mechanisierung» gegeben sein, damit die jeweilige Alternative wirtschaftlich tragbar ist. Der Arbeitszeitbedarf dürfte nach Schulte et al. (2017) gesamthaft um zehn Prozent steigen.

Für Österreich gehen Mitter et al. (2019) je nach Standortbedingungen (z.B. Boden, Topografie, Klima) von unterschiedlichen Auswirkungen auf die Deckungsbeiträge aus. Bei günstigen Bedingungen gehen die Autoren von Deckungsbeitragsänderungen bis minus neun Prozent, bei mässigen Bedingungen bis minus 37 Prozent und bei ungünstigen Bedingungen bis minus 74 Prozent aus.

In der Schweiz kann ein Glyphosat-Verzicht bei einem vollständigen Herbizid-Verzicht im Ackerbau wirtschaftlich sein (Böcker et al. 2019a). Dies weil Beiträge für einen Herbizid-Verzicht in Kombination mit Beiträgen für die schonende Bodenbearbeitung an direktzahlungsberechtigte Betriebe ausbezahlt werden, wenn vor der Ernte der Vorkultur bis zur Ernte der Hauptkultur keine Herbizide eingesetzt werden. Bei einer Mulchsaat von Raps nach Wintergetreide mit Herbizid-Verzicht durch eine Untersaat kann sich der Glyphosat-Verzicht durch die damit ausgelösten Beiträge lohnen (Bertschi und Enggist, 2018). Solche Anbausysteme wie herbizidfreier Raps, müssen allerdings für den Betrieb geeignet sein – gerade auf Standorten mit Problemunkräutern wird das System nicht empfohlen.

Böcker et al. (2019b) analysierten, wie sich der Extenso-Weizenanbau in der Schweiz bei einem Verzicht auf sämtliche Herbizide bezüglich Erträge, Deckungsbeiträge und Pflanzenschutzstrategien verändern würde. Dabei konzentrierten sich die Autoren auf den Einsatz vor der Saat (Glyphosat) und nach dem Auflaufen (selektive Herbizide). Im Referenzszenario unter den heute geltenden Bedingungen wäre eine rein mechanische Strategie (komplett ohne Herbizide) mit den Beiträgen für schonende Bodenbearbeitung bereits wirtschaftlich optimal, solange nicht Mais die Vorfrucht von Weizen ist. Die Abfolge Mais – Weizen ist in Schweizer Fruchtfolgen aber gängig⁷. Diese Kombination ist von den Beiträgen für schonende Bodenbearbeitung ausgenommen. Weiter stellt die rein mechanische Unkrautbekämpfung in Weizen ein höheres Risiko für Ertrags- und Qualitätsverluste dar. Auch die Angst vor mehr Unkraut in der Nachkultur (z.B. Kartoffeln) dürfte eine Rolle spielen. Ferner fehlen die passenden Geräte und neue Investitionen werden nur zögerlich gemacht, da Unsicherheit bezüglich der künftig ausgerichteten Förderbeträge besteht.

4 Glyphosat in der Schweiz

4.1 Verkaufsstatistiken

Glyphosat war 2018 der vierthäufigste verkaufte Wirkstoff. Während der Absatz aller Herbizide in den Jahren 2017 und 2018 praktisch unverändert blieb, verzeichnete Glyphosat gegenüber dem Vorjahr einen Rückgang von 36 Tonnen. Im Jahre 2019 wurden 125 Tonnen Glyphosat in der Schweiz verkauft. Im Vergleich zwischen 2008 und 2019 gab es eine Abnahme um 63 Prozent.

Jahr	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Tonnen Glyphosat	341	240	272	383	301	308	296	227	203	189	153	125

Tabelle 1: Anzahl Tonnen verkauftes Glyphosat in der Schweiz zwischen 2008 und 2019.

In der Periode 2009-2013 wurden im Ackerbau – ohne Flächen im biologischen Landbau - im Mittelwert 1.8 Kilogramm Glyphosat pro Anwendung und Hektare verwendet. Im Jahre 2014 wurde im Rahmen der REB für die schonende Bodenbearbeitung die Glyphosat-Menge auf maximal 1.5 Kilogramm pro Anwendung und Hektare im Ackerbau begrenzt. Ab 2014 reduzierte sich die Aufwandmenge auf 1.45 Kilogramm (Periode 2014-2017)⁸.

⁷ Grund für diesen Ausschluss ist die Gefahr einer Übertragung der Pilzkrankheit Fusarium von Mais auf Weizen, welche eine Kontamination mit Mykotoxinen im Erntegut verursachen kann.

⁸ Angaben aus der Zentralen Auswertung Agrarumweltindikatoren ZA-AUI, Agroscope.

4.2 Vergleich mit europäischen Ländern

Im Jahr 2019 erfolgte im Rahmen eines europäischen Netzwerkes eine Umfrage zu den Verkaufszahlen von Glyphosat in den Ländern Europas (Antier et al. 2020).

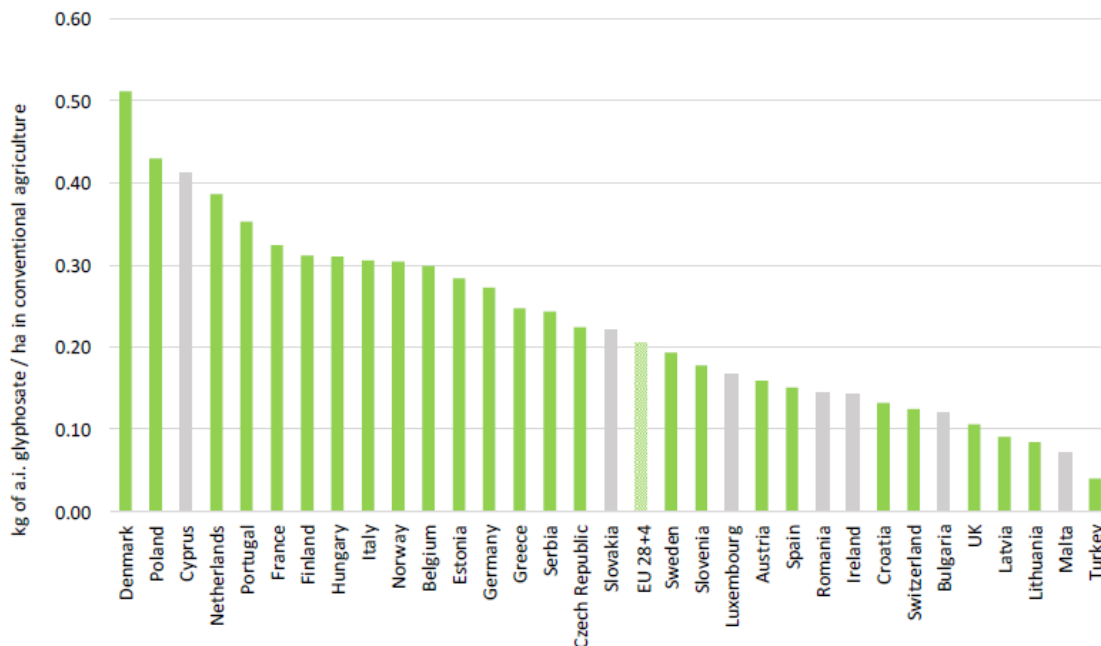


Abbildung 1: Geschätzte durchschnittliche Glyphosat-Aufwandmenge pro Hektare landwirtschaftlicher Fläche (UAA) in der konventionellen Landwirtschaft, in den 28+4 EU-Ländern im Jahr 2017.

Nach dieser Studie liegt die Schweiz beim Glyphosat-Verbrauch pro Hektare landwirtschaftlicher Fläche (UAA⁹) im Vergleich zu anderen Ländern Europas in der zweiten Hälfte. Durch die strukturellen Unterschiede der UAA in den verschiedenen Ländern ist Vorsicht bei der Interpretation der Daten geboten. Ein direkter Vergleich sollte nur zwischen Ländern mit einer vergleichbaren UAA-Struktur erfolgen.

Auf Grund der Schweizer Angaben zu dieser Studie wurden die Glyphosat-Mengen, welche in der Schweiz in der Landwirtschaft eingesetzt werden ermittelt (Keiser und Ramsebner, 2020):

- Der grösste Anteil an Glyphosat wird im Ackerbau (inkl. Kunstwiesen zur Vernichtung/Erneuerung) eingesetzt, was zirka 72 Prozent der verkauften Gesamtmenge entspricht.
- Im Obstbau werden rund 60 Prozent der Flächen mit Glyphosat unter den Reihen behandelt, was rund zwei Prozent der verkauften Gesamtmenge darstellt.
- Im Rebbau werden 82 Prozent der Flächen mit Glyphosat teilweise (nur unter den Reihen) oder ganzflächig behandelt, was rund sechs Prozent der verkauften Gesamtmenge entspricht.
- Weniger als ein Prozent der verkauften Wirkstoffmenge wird in der Gemüseproduktion eingesetzt.
- Glyphosat wird zur lokalen Bekämpfung mehrjähriger Unkräuter (mit Hand- oder Rückenspritze) auf Wiesen und Weiden sowie in Biodiversitätsförderflächen angewendet.

Die Anwendung entlang von Verkehrswegen (Bahnen, Nationalstrassen) ist begrenzt erlaubt. Die schweizerischen Bundesbahnen (SBB) deklarieren ihren Verbrauch auf zwei Tonnen, was rund ein Prozent der verkauften Gesamtmenge ausmacht (SBB, 2019).

⁹ Definition «Utilised agricultural area (UAA)» nach Eurostat: Gesamtheit der vom landwirtschaftlichen Betrieb selbst bewirtschafteten Flächen an Ackerland, Dauergrünland, Dauerkulturen sowie Haus- und Nutzgärten. Siehe: https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/distribution-of-utilised-agricultural-area#tab-chart_1

Dazu gibt es Anwendungen von Privaten und auf öffentlichen Arealen. Die in diesem Bereich verwendeten Glyphosat-Mengen werden nicht erhoben. Das mediale Echo, insbesondere zu Glyphosat, hat bei den Detailhändlern bewirkt, dass sie gewisse Produkte aus dem Sortiment nahmen. Nach Angaben der Detailhändler werden keine Glyphosat-Produkte für Private mehr im Sortiment geführt (BAFU, 2018).

Zu bemerken ist, dass in der Schweiz, im Gegenteil zu mehreren europäischen Ländern Glyphosat-Anwendungen direkt auf den Kulturen zur Sicherstellung der Abreifebeschleunigung (Sikkation) kurz vor der Ernte nie bewilligt wurden.

4.3 Hauptanwendungen in der Landwirtschaft

4.3.1 Ackerbau

Grünlandumbruch

Oft wird in Schweizer Fruchtfolgen eine Kultur nach einer zwei- bis mehrjährigen Kunstwiese angebaut. Nach einem letzten Schnitt im Frühjahr wird die Kunstwiese mit Glyphosat behandelt; danach folgt die Saatbeet-Vorbereitung und die Saat der Nachfolgekultur, oft Mais.

Vorsaatanwendungen nach einer überwinternden Zwischenfrucht

Die Vorsaatanwendung mit Glyphosat erfolgt nach einer überwinternden Zwischenfrucht. Die Zwischenfrucht wird nach der Ernte der vorherigen Hauptkultur gesät und deckt den Boden während des Winters ab. Gefriert die Zwischenfrucht, können sich Unkräuter entwickeln. Gefriert sie nicht, muss sie beseitigt werden. Nach der Behandlung der Zwischenfrucht mit Glyphosat im Frühjahr erfolgt – nach einer Saatbeetvorbereitung - die Aussaat der Sommerkultur.

Pfluglose Saatverfahren (Mulchsaat, Direktsaat und Streifensaart)

Bei der Mulchsaat erfolgt die Saat der Kultur nach einer Glyphosat-Anwendung und einer konservierenden minimalen Bodenbearbeitung; bei der Direktsaat erfolgt die Saat nach einer Glyphosat-Anwendung direkt. Dabei wird Glyphosat ganzflächig angewendet. In der Schweiz werden diese Verfahren in mehreren Situationen und Kulturen angewendet (BLW, 2020).

Die Streifensaart wird hauptsächlich bei der Mais-Saat direkt in einer Kunstwiese praktiziert. Der Boden in den Reihen in die die Maissamen gesät werden, wird bearbeitet. Im gleichen Arbeitsvorgang werden die unbearbeiteten Streifen zwischen den bearbeiteten Reihen mit Glyphosat behandelt.

Stoppelbehandlung nach der Ernte von Raps oder Getreide

Glyphosat wird nach der Getreide- oder Raps-Ernte angewendet, um Nachwuchs (Keimung der bei der Ernte abgefallenen Samen) sowie Problemunkräuter zu bekämpfen.

4.3.2 Obstbau

Im Obstbau sind die Fahrgassen zwischen den Baumreihen überwiegend begrünt. Beim Obstbau wird der Mäusedruck im Falle von begrüntem Streifen unter den Baumreihen als Problem genannt. Deshalb wird eine Unkrautregulierung unter den Baumreihen vorgenommen. Dabei wird Glyphosat, abwechselnd mit anderen Herbiziden oder zu mechanischen Unkrautregulierungsverfahren angewendet. Im Jahr 2020 wird der Druck durch Mäuse in Obstanlagen in der Schweiz als hoch angemeldet (Bauernzeitung, 2020). Glyphosat ist im Obstbau auch wichtig für die Bekämpfung von mehrjährigen Unkräutern.

4.3.3 Rebbau

Im Rebbau wird in Lagen mit genug Niederschlägen eine Begrünung der Fahrgassen praktiziert. In diesen Lagen wird eine Unkrautregulierung ausschliesslich in den Reihen unter den Reben vorgenommen. In trockenen Lagen können Unkräuter wegen der Wasserkonkurrenz zu den Reben problematisch sein (Winter et al. 2018). Auf diesen Flächen erfolgt eine Unkrautbekämpfung häufig auf der ganzen Fläche. Im Rahmen des Ökologischen Leistungsnachweises ÖLN darf eine ganzflächige Herbizid-Behandlung nur in Gebieten mit weniger als 700 mm Jahresniederschlägen erfolgen (Schweizerischer Verband für die nachhaltige Entwicklung im Weinbau, 2020). Im Allgemeinen gilt dies nur für das Unterwallis.

Glyphosat wird abwechselnd mit anderen Herbiziden oder mechanischen Unkrautregulierungsverfahren angewendet. Problematisch ist der vollständige Verzicht auf Herbizide insbesondere in nicht-mechanisierbaren Lagen an Hängen und auf Terrassen.

5 Ausstieg aus Glyphosat: ein partizipatives Projekt im Dialog mit den betroffenen Kreisen

5.1 Einführung

Zur Beantwortung des Postulates hat das BLW die HAFL beauftragt, im Dialog mit den betroffenen Kreisen vorhandene und mögliche Alternativen zum Glyphosat-Einsatz zu analysieren und zu bewerten (Keiser und Ramsebner, 2020). Insgesamt haben zwanzig repräsentative Betriebe an dieser Studie teilgenommen. Zur Erforschung möglicher Alternativen zum Glyphosat-Einsatz wurde ein partizipativer Ansatz mit den im Projekt mitbeteiligten LandwirtInnen gewählt.

In einem ersten Workshop wurden von den LandwirtInnen die häufigsten Anwendungen und mögliche Glyphosat-Alternativen beschrieben und begründet. In einem folgenden Expertenworkshop wurden die Alternativen zusammen mit Fachleuten aus den Pflanzenschutzfachstellen, einer Bodenschutzfachstelle, Agroscope und dem Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) diskutiert und anschliessend bewertet.

In der HAFL-Studie wurden die Kosten jener Alternativen berechnet, die von den LandwirtInnen bereits umgesetzt werden oder in den Workshops als rasch umsetzbar bewertet wurden. Dazu mussten die Verfahren nach den Angaben von Gazzarin (2019) mit der Anwendung von LabourScope von Agroscope¹⁰ berechenbar sein. Für neuere Verfahren, wie zum Beispiel die Unkrautbekämpfung mit Elektrizität anstatt Herbiziden fehlen bisher Grundlagen. Die Kostenunterschiede für Obst wurden von Bravin und Kuster (2017) übernommen; diejenigen für Reben von Perrottet (2015) und Pfister et al. (2019) geschätzt.

Nemecek et al. (2020) von Agroscope haben in einer weiteren spezifischen Studie eine Evaluation basierend auf der Ökobilanzierung ausgewählter Alternativen im Vergleich zu den Glyphosat-Verfahren durchgeführt. Es wurden jene Verfahren bewertet, zu denen in Datenbanken Daten zur Verfügung standen¹¹. Dabei wurden folgende sogenannte Charakterisierungsfaktoren (Ressourcen und Umweltauswirkungen) berücksichtigt:

- Bedarf an nicht erneuerbaren Energieressourcen
- Bedarf an abiotischen Ressourcen
- Treibhausgaspotenzial
- Ozonbildungspotenzial
- Versauerungspotenzial
- Aquatisches Ökotoxizitätspotenzial (organische/anorganische Stoffe).

5.2 Mögliche Alternativen

Die in den Workshops von den LandwirtInnen beschriebenen möglichen Alternativen zum Glyphosat-Einsatz sind in der Tabelle 2 aufgelistet. Sie wurden bezüglich Anwendbarkeit sowie Wirkung, Arbeitszeitbedarf, Bodenbearbeitungs-Intensität im Vergleich zum Glyphosat-Einsatz qualitativ beurteilt. Vorteile und Hindernisse zur Adoption wurden auch benannt.

¹⁰ LabourScope ist eine spezialisierte Anwendung für die Berechnung des Arbeitszeitbedarfs von Arbeits- und Produktionsverfahren auf dem Landwirtschaftsbetrieb: <https://www.agroscope.ad-min.ch/agroscope/de/home/themen/wirtschaft-technik/arbeitswissenschaften/labourscope.html>.

¹¹ Ökoinventare aus den Datenbanken SALCA11 (Swiss Agricultural Life Cycle Assessment, Agroscope) und ecoinvent v3.511

Alternative zum Glyphosat-Einsatz	Hauptanwendungen von Glyphosat						Auswirkung der Alternative		Vorteile / Hindernisse zur Adoption	
	Grünlandumbruch	Vorsaat-anwendung	Direkt-saatver-fahren	Stoppel-behand-lung nach Getreide	Stoppel-behand-lung nach Raps	Anwen-dung im Obstbau	Anwen-dung im Rebbau	Arbeits-zeitbe-darf		Boden-bearbei-tungs-intensität
Tiefgreifende Bodenbearbeitung (Pflug)	●● ++	●● ++						↑	↑	nicht in erosionsgefährdeten Lagen
Oberflächliche Bodenbearbeitung (mehrere Geräte)	● +-		●● +	●●● +	●●● +			↑	↑	nicht in erosionsgefährdeten Lagen
Verbesserung der Kultur statt Umbruch (Einsaat)	●●● +-							?	?	nicht immer ausreichend
Falsches Saatbeet		● -						↑	↑	Verlust von Vegetationszeit
Abflammen		● +-						↑	→	gute Akzeptanz bei der Bevölkerung
andere Herbizide als Glyphosat			●● -		●●● +-	●●● +-	●●● +-	↑→	→	Übrige Herbizide meistens nicht breitwirkend wie Glyphosat
Einsaat von Zwischenfutter in der Kultur vor der Ernte				●● +-				→	→	Nur ohne Problemunkräuter wirksam; Konkurrenz mit der Kultur
Direktsaat der Folgekultur sofort nach der Ernte					●● -			↓	→	Verhinderung der Erosion; nur ohne Problemunkräuter genug wirksam
Mähen/Mulchen unter den Reihen						●● +	● +	↑	→	Obstbau: nur falls keine Mäuseproblematik besteht
Boden unter den Kulturen mit Folien abdecken							● ++	?	→	
Anpassung der Fruchtfolge	immer möglich									Ökonomische Konsequenzen für die Betriebe

Anwendbarkeit	●●● in den meisten Fällen möglich	●● nur unter bestimmten Voraussetzungen möglich	● selten möglich	
Wirkung im Vergleich zu Glyphosat	++ gleiche Wirkung	+ vergleichbare Wirkung falls mehrjährige Unkräuter nicht vorhanden	+- etwas tiefere Wirkung	- tiefere Wirkung
Arbeitszeitbedarf Bodenbearbeitungsintensität	↑ höher/e	→ ähnlich/e	↓ tiefer/e	

Tabelle 2: Beurteilung von möglichen Alternativen im Vergleich zu den Glyphosat-Hauptanwendungen.

Als Glyphosat-Alternative wird im Ackerbau in erster Linie der Pflug genannt. Dessen Wirkung gegen mehrjährige Unkräuter wird als äquivalent zu Glyphosat betrachtet.

Auch die oberflächliche Bodenbearbeitung (ein- oder mehrmalig) wird im Ackerbau als realistische Alternative eingeschätzt und praktiziert. Besonders geeignet ist die Technik für die Stoppelbehandlung nach der Ernte von Raps oder Getreide. Als Hemmnisse bei einer oberflächlichen Bodenbearbeitung wurden Problemunkräuter genannt. Namentlich Ackerwinden, Disteln, Quecken und stumpfblättriger Ampfer, welche mit einer oberflächlichen Bodenbearbeitung nicht mit gleicher Wirkung wie mit Glyphosat bekämpft werden können. Sowohl der Pflugeinsatz wie auch die oberflächliche Bodenbearbeitung eignen sich nicht in erosionsgefährdeten Lagen.

Bei einer Graslanderneuerung (z.B. eine Neusaat von Grünland nach einem degradierten stark verunkrauteten Grünland) wird die direkte Einsaat – anstatt einer Neusaat nach einem Umbruch mit Glyphosat-Einsatz – als machbare Alternative betrachtet. Die Wirkung dieser Alternative wird aber als potentiell nicht ausreichend bezeichnet.

Bei der Technik des «Falschen Saatbeetes» werden im Ackerbau die Felder schon zirka drei Wochen vor der geplanten Saat vorbereitet. Durch diese Massnahme regt man die Keimung der Unkrautsamen in der obersten Bodenschicht an. Sind diese dann aufgelaufen, erfolgt eine oberflächliche mechanische Bodenbearbeitung, welche die aufgelaufenen Unkräuter beseitigt. Danach wird die Kultur gesät. Diese Technik verursacht einen Verlust von Vegetationszeit für die Kultur.

Das Abflammen von Unkräutern geniesst eine gute Akzeptanz in der Bevölkerung. Nur die oberirdischen Teile der Unkräuter werden erreicht. Gegen Unkräuter mit unterirdischen Reserveorganen wird die Wirkung des Verfahrens als ungenügend betrachtet.

Es gibt kein chemisches Herbizid, welches eine so breite Wirkung gegen Unkrautarten wie Glyphosat aufweist. Alternative Herbizide wirken auf bestimmte Unkrautarten. Sie können sinnvoll eingesetzt werden, falls ausschliesslich auf dieses Herbizid anfällige Unkrautarten in der Parzelle vorhanden sind.

Im Ackerbau, bei einer Kulturnachfolge Getreide-Kunstwiese, könnte die Kunstwiese in der Getreidekultur vor der Ernte als Untersaat gesät werden. Damit wird ein geringerer Unkrautdruck angestrebt. Jedoch wird die potentiell zu hohe Konkurrenz der Untersaat als Hindernis betrachtet.

Auch die Direktsaat der Folgekultur sofort nach der Ernte wird als eine mögliche Technik im Ackerbau betrachtet. Sie ist Moment noch zu wenig erprobt.

Allgemein, ausser beim Pflügen, wird die Wirkung der erwähnten Verfahren gegen mehrjährige Unkräuter als ungenügend betrachtet.

Im Obst- und Rebbau ist das Mähen unter den Kulturreihen eine machbare Alternative. Dies bedingt aber Abstände zwischen den Kulturreihen und zwischen den Pflanzen innerhalb der Reihen, welche den Einsatz von spezialisierten Geräten ermöglicht, ohne die Pflanzen zu beschädigen. Obstanlagen sind dafür besser geeignet als Rebberge.

Die Anwendung von abbaubaren Mulchfolien ist bei gesetzten Kulturen möglich und wird vor allem im Gemüsebau (saisonale Kulturen) praktiziert. Das Abdecken unter den Reben mit abbaubaren Bändern ist möglich.

Dazu könnte aus der Sicht der LandwirtInnen im Ackerbau bei einem Glyphosat-Verzicht die Fruchtfolge noch angepasst werden. Auf erosionsgefährdeten Parzellen wäre eine Anpassung der Fruchtfolge zwingend (bis zur Aufgabe des Ackerbaus mit Umstellung z.B. auf permanentes Grasland).

5.3 Noch nicht reife Alternativen

Weiter wurden Alternativen zum Glyphosat-Einsatz erwähnt, welche noch nicht reif oder wenig erprobt sind. Diese sind in der Tabelle 3 aufgelistet.

Alternativen zum Glyphosat-Einsatz	Anwendung	Erwartete Auswirkung der Alternative		Vorteile / Hindernisse zur Adoption
		Arbeitszeitbedarf	Bodenbearbeitungsintensität	
Jät-Roboter	Behandlung erfolgt in der Kultur	↓	↓	Forschung und Entwicklung nötig
breit wirksames Herbizid	Behandlung erfolgt in der Kultur	↓	→	Einsatz nur in resistenten Kulturen
elektrisches Verfahren	Vorsaat- oder Direktsaatanwendung	↑	→	tiefe Flächenleistung; hoher Dieserverbrauch

Arbeitszeitbedarf Bodenbearbeitungsintensität	↑ hoher/e	→ ähnlich/e	↓ tiefer/e
--	--------------	----------------	---------------

Tabelle 3: Beurteilung von Alternativen, welche noch nicht reif oder wenig erprobt sind im Vergleich zu den Glyphosat-Hauptanwendungen.

Von den beurteilten Alternativen zur direkten Substitution von Glyphosat werden Jät-Roboter als eine im Moment noch nicht reife Technologie beurteilt.

Für ausgewählte Kulturen (z.B. Zuckerrüben und Sonnenblumen) stehen Sorten mit einer Resistenz gegen ein breit wirksames Herbizid zur Verfügung. Die Herbizid-Resistenz wurde mit klassischen Zuchtmethoden eingeführt, das heisst, die Pflanzen wurden nicht genetisch modifiziert. Diese Alternative steht zurzeit begrenzt zur Verfügung.

Elektrische Verfahren zur Vernichtung von Unkräutern müssen noch weiterentwickelt werden. Sie zeigen zurzeit eine schlechte Flächenleistung und hohe Kosten auf. Ihre Wirkung auf Bodenlebewesen ist nicht bekannt.

5.4 Agronomische Betrachtung der Alternativen

5.4.1 Ackerbau

Von den Betrieben im Ackerbau wurden keine Sorgen bezüglich Ertragseinbussen in den einzelnen Kulturen geäussert. Bei den meisten Glyphosat-Alternativen wird von einem Mehraufwand ausgegangen.

Bei einer Graslanderneuerung zur Verbesserung der Zusammensetzung von Grünland wird die direkte Einsaat – anstatt einer Neusaat nach einem Umbruch – als machbare Alternative betrachtet.

Als Alternative zur Glyphosat-Anwendung im Frühjahr wird in erster Linie der Pflug genannt.

Betriebe, welche ein Anbausystem mit konservierender minimaler Bodenbearbeitung führen erwähnen, dass sie bei einem Glyphosat-Verzicht ihr Anbausystem stark ändern müssten. Alternativen mit einer mehrmaligen oberflächlichen Bodenbearbeitung werden als realistisch eingeschätzt und praktiziert. Dieses Verfahren ist stärker witterungsabhängig.

Wegen des Erosionsrisikos wird in Hanglagen eine Bodenbearbeitung - auch nur oberflächlich – nicht als valable Glyphosat-Alternative betrachtet. Für diese Flächen erwägen die Betriebe eher eine Anpassung der Fruchtfolge bis hin zur Aufgabe des Ackerbaus.

Das Abflammen geniesst eine gute Akzeptanz in der Bevölkerung. Das Verfahren zeigt eine schlechtere Wirkung als Glyphosat.

Die elektrische Vernichtung von Unkräutern ist wenig erprobt. Die Anwendung von Jät-Robotern wird zurzeit noch nicht als möglich erachtet.

Das Alternativverfahren «Falsches Saatbeet» benötigt mehr Durchfahrten als das Glyphosat-Verfahren. Dieses Verfahren ist auch stark witterungsabhängig und Vegetationstage gehen verloren.

LandwirtInnen sehen die mechanische Stoppelbehandlung anstatt den Glyphosat-Einsatz nach einer Getreidekultur als eine praktikable Alternative, falls keine Problemunkräuter vorhanden sind.

Eine mechanische Stoppelbehandlung mit Glyphosat nach Raps ist auch möglich, benötigt aber mehrere Durchfahrten. Falls keine Problemunkräuter vorhanden sind, wird der Glyphosat-Ersatz durch ein anderes Herbizid (z.B. Dicamba) bei der Stoppelbehandlung nach Raps als möglich erachtet.

Als Hindernis zum Glyphosat-Ersatz werden Problemunkräuter (Ackerwinden, Disteln, Quecken und stumpfblättriger Ampfer) genannt.

5.4.2 Obstbau

Alternativen wie der Einsatz eines Fadenmähers unter den Baumreihen sind machbar und erprobt. Bei einem Glyphosat-Verzicht wird aber eine Zunahme der Mäusepopulation als besonders problematisch angesehen.

Im Obstbau wird bei einem Herbizid-Verzicht von einem erheblichen Mehraufwand ausgegangen. Um eine annähernde Wirkungsäquivalenz zu erzielen, müssen statt mit rund vier Herbizid-Durchfahrten (darunter Glyphosat) mit zehn bis zwölf Durchfahrten mit mechanischen Verfahren gerechnet werden.

Durch die tiefere Arbeitsgeschwindigkeit und oft nur einer einseitigen Bearbeitung des Unterstammbereichs werden der Flächenaufwand und die Bodenbelastung noch höher. Obstanlagen müssten auch so geplant werden, dass sie eine mechanische Bearbeitung erleichtern.

Als weitere Problematik wird die stärkere Witterungsabhängigkeit genannt, wobei insbesondere nasse Zeitperioden als problematisch genannt werden. Die Arbeit mit dem Fadenmäher durchzuführen, funktioniert – wenn sorgfältig angewendet – auf kleineren Flächen vor allem bei bereits etablierten Anlagen gut. Sie ist aber mit einem hohen Aufwand verbunden und ab einer gewissen Fläche für die LandwirtInnen nicht mehr realisierbar.

5.4.3 Rebbau

In Lagen mit genug Niederschlägen wird eine Begrünung der Fahrgassen praktiziert. In diesen Lagen werden die Fahrgassen gemäht und eine Unkrautregulierung wird ausschliesslich in den Reihen unter den Reben vorgenommen. Eine Reduktion des Glyphosat-Einsatzes wird im Rebbau in mechanisierbaren Lagen als realistisch angesehen. Die Anzahl der benötigten Durchfahrten mit einer Alternative (z. B. mit einem Fadenmäher) ist von der Ausgangsvegetation abhängig.

Problematisch ist der vollständige Herbizid-Verzicht (darunter Glyphosat) in nicht-mechanisierbaren Hang- und Terrassenlagen. Dazu ist ein totaler Herbizid-Verzicht in Lagen mit knapper Wasserversorgung – wegen der Wasserkonkurrenz durch die Unkräuter – oft schwer umsetzbar.

5.5 Ökonomische Auswirkungen der Alternativen

Im Rahmen des Projektes werden ausgewählte Alternativen durch die HAFL mit dem entsprechenden Glyphosat-Verfahren hinsichtlich Kosten auf Betriebsebene verglichen. Der Vergleich ist in der Tabelle 4 wiedergegeben.

Glyphosat-Verfahren	Alternativen zum Glyphosat-Verfahren	Kosten der Alternativen in CHF/ha und Prozent	
		Glyphosat-Verfahren = 100 %	
Ackerbau			
Vorsaat Anwendung <i>Kultur Zuckerrübe</i>	Pflugsaat	533	170 %
	Falsches Saatbeet	536	170%
Direktsaatverfahren <i>Streifenfrässaat in Mais</i>	Pflugsaat	428	115 %
	Schälflug nach Grünland (Mulchsaat,)	444	160 %
Stoppelbehandlung <i>nach Getreide oder Raps</i>	1x oberflächliche Stoppelbearbeitung mit Scheibenegge oder Federzinkenegge	107-131	114-139 %
	2x oberflächliche Stoppelbearbeitung mit Scheibenegge oder Federzinkenegge	214-262	219-268 %
	3x oberflächliche Stoppelbearbeitung mit Scheibenegge oder Federzinkenegge	297-370	303-377 %
Obstbau			
Unkrautregulierung unter den Reihen <i>Standardvariante mit Herbiziden</i>	7x Rollhacke mit Fingerhacke	620-737	175-181 %
	7x Fadengerät	633-822	185-195 %
	2x Hackgerät und 3x Fadengerät	919-1366	269-324 %
Rebbau			
Unkrautregulierung unter den Reihen <i>Standardvariante mit Herbiziden</i>	Mechanische Bekämpfung* *die Kosten hängen sehr stark von der Hangneigung der Anlage ab	---	ca. 150->200%

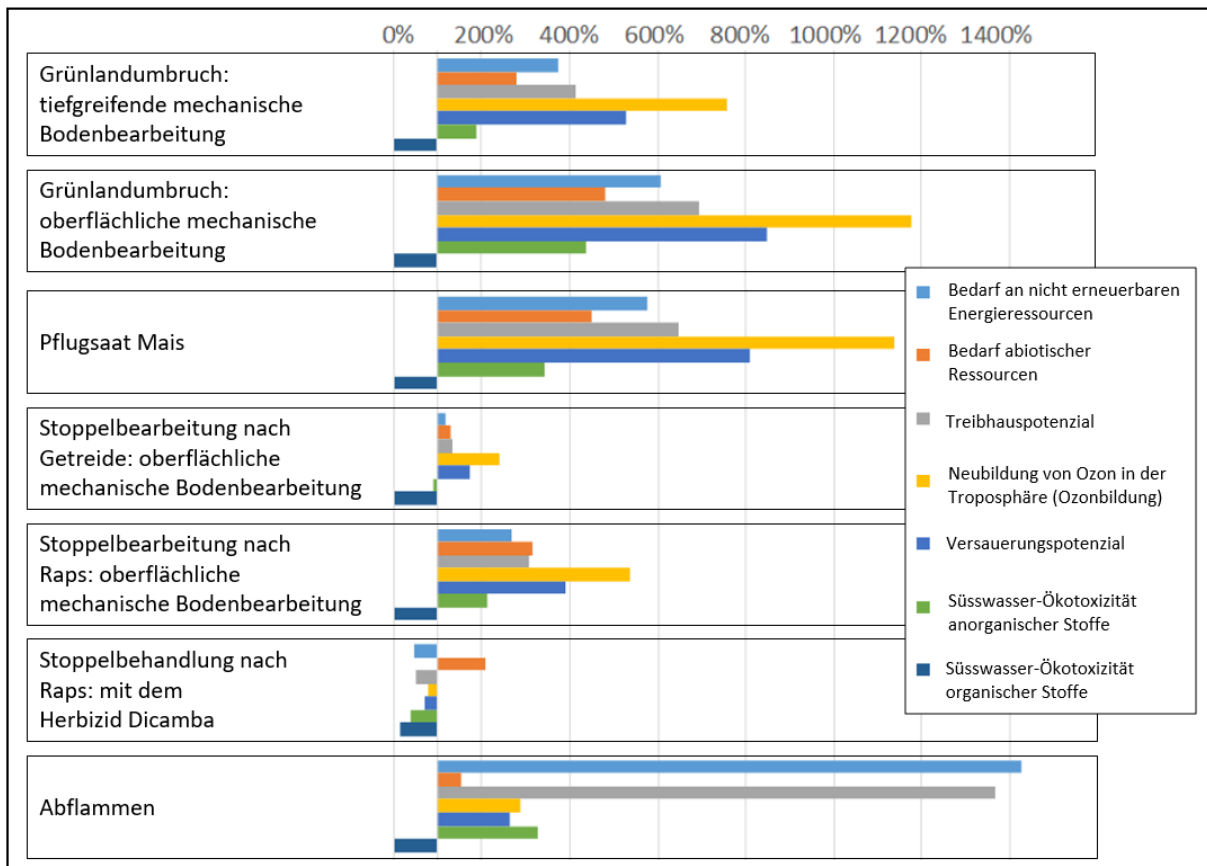
Tabelle 4: Vergleich der Kosten von ausgewählten Alternativen im Vergleich zum Glyphosat-Verfahren.

Folglich sind bei der Substitution von Glyphosat durch mechanische Alternativen folgende ökonomische Auswirkungen auf Kulturebene zu erwarten:

- Im **Ackerbau** verursachen alle Alternativverfahren höhere Kosten im Vergleich zum Glyphosat-Verfahren. Ist bei einer Stoppelanwendung nur ein Durchgang nötig, können die Zusatzkosten tief gehalten werden. Sind zum Beispiel bei einer starken Verunkrautung mehrere Durchgänge nötig, dann steigen die Kosten dementsprechend.
- Im **Obstbau** hängen die Kosten der ausschliesslich maschinellen Unkrautregulierung stark von der bearbeiteten Fläche ab. Je grösser diese ist, desto geringer sind die Unterschiede zur Standardvariante. Zudem sind die Kosten abhängig von der Witterung, das heisst vom Wuchs der Unkräuter. Nicht alle Strategien sind in ihrer Wirkung gegen Unkräuter gleich effizient.
- Die Kosten für eine ausschliesslich mechanische Unkrautbekämpfung im **Rebbau** unter den Reihen variieren je nach Situation und Lage extrem stark. In mechanisierbaren Lagen beträgt der Kostenanstieg bei einem totalen Herbizid-Verzicht fünfzig Prozent. In nicht-mechanisierbaren Lagen ist von mindestens doppelt so hohen Kosten auszugehen. In trockenen Lagen könnte zudem wegen der Wasserkonkurrenz eine Unkrautbekämpfung auf der ganzen Fläche erforderlich sein.

5.6 Evaluation der Alternativen basierend auf der Ökobilanzierung

Ausgewählte Alternativverfahren konnten mit dem entsprechenden Glyphosat-Verfahren basierend auf der Ökobilanzierung bezüglich ihrer Auswirkungen verglichen werden.



Nur der Vergleich innerhalb eines Verfahrens ist zulässig.

Abbildung 2: Abweichung der Umweltauswirkungen von ausgewählten Glyphosat-Alternativen im Vergleich zum Glyphosat-Verfahren (100 %).

Die Abbildung zeigt für die verschiedenen Umweltauswirkungen, wie stark die untersuchten Alternativverfahren vom Glyphosat-Verfahren (100 %-Linie) abweichen.

Bei allen Umweltauswirkungen – ausser bei der Süsswasser-Ökotoxizität - schnitten die meisten Alternativverfahren ungünstiger ab als das entsprechende Glyphosat-Verfahren. Die Abweichungen der Umweltauswirkungen schwanken zwischen dem ein- und vierzehnfachen. Dies ist auf den höheren

Einsatz von Maschinen und Energieträgern zurückzuführen. Vor allem die Bodenbearbeitung (Pflügen, Grubbern) respektive der Einsatz von Flüssiggas beim Abflamm-Verfahren zeigen eine ungünstige Umweltauswirkung.

Alle Alternativverfahren schneiden bei der Süsswasser-Ökotoxizität organischer Stoffe günstiger ab. Diese lag dort in den meisten Fällen nahe bei null, da diese Auswirkung hauptsächlich von Pflanzenschutzwirkstoffen bestimmt wird. Nach Glyphosat-Messungen in Oberflächengewässern der Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG) und des Ökotoxizentrums sind in der Schweiz bei den gemessenen Glyphosat-Werten keine negativen Auswirkungen für Organismen in Oberflächengewässern zu erwarten.

6 Schrittweiser Glyphosat-Ausstieg in der Schweiz: eine Lagebestimmung

Nachfolgend werden Risiken und Chancen eines Glyphosat-Ausstieges aufgeführt, welche sich aus den oben genannten Analysen ableiten lassen. Basierend darauf werden Schlussfolgerungen zu einem schrittweisen Ausstieg aus der Glyphosat-Verwendung gezogen.

6.1 Risiken

Für die meisten Glyphosat-Anwendungen in der Landwirtschaft gilt aktuell als praktikable Alternative die mechanische Bodenbearbeitung. Dazu können in spezifischen Fällen weitere mechanische Unkrautvernichtungsverfahren und das Abflammen zur Anwendung kommen. Diese Verfahren weisen im Vergleich zu den Glyphosat-Verfahren einen erhöhten Energieverbrauch und erhöhte Treibhausgasemissionen sowie Bodenerosionsgefahr auf. Diese Verfahren verursachen ebenfalls höhere Produktionskosten und die Kontrolle mehrjähriger Unkräuter ist mit diesen Verfahren schwieriger. Somit können sich erhöhte Risiken im Zusammenhang mit Umweltauswirkungen und Produktion ergeben.

Aus agronomischer Sicht gibt es kein breitwirkendes Herbizid, das die gleiche Wirkung gegen Unkräuter, insbesondere gegen mehrjährige zeigt. Ersatz-Herbizide zeigen allgemein auch ein schlechteres ökotoxikologisches Profil als Glyphosat und weisen entsprechend ein höheres Umweltrisikopotential auf.

LandwirtInnen begründen den Glyphosat-Einsatz im Ackerbau damit, dass dadurch der Einsatz konservierender Bodenbearbeitungsverfahren wie Direkt-, Mulch- oder Streifenfrässaat ermöglicht wird. Auf erosionsgefährdeten Parzellen, auf denen aus diesem Grund auf den Pflugeinsatz verzichtet werden sollte, bestünde das Risiko infolge Glyphosat-Verzicht in einer zwingenden Anpassung der Fruchtfolge (bis hin zur Aufgabe des Ackerbaus mit Umstellung z.B. auf permanentes Grasland). Auch Risiken im Zusammenhang mit der Arbeitssicherheit wurden genannt, weil eine intensive Bodenbearbeitung am Hang gefährlich sei.

Problematisch wäre der vollständige Herbizid-Verzicht (darunter Glyphosat) auf nicht-mechanisierbaren Hang- und Terrassenlagen vor allem im Rebbau, weil in diesen Lagen eine mechanische Unkrautbekämpfung im Bezug auf Aufwand und Kosten besonders schwierig ist.

6.2 Chancen

Nachdem das IARC zum Schluss gelangt ist, dass Glyphosat «wahrscheinlich krebserregend für den Menschen» sei, stösst der Wirkstoff in der Öffentlichkeit – trotz der gegensätzlichen Meinung aller massgebenden internationalen und nationalen Institutionen, darunter des BLV – auf eine breite Ablehnung. Ein Ausstieg würde helfen, das Vertrauen der Öffentlichkeit gegenüber der landwirtschaftlichen Produktion zu stärken.

Für die meisten Glyphosat-Anwendungen in der Landwirtschaft gilt aktuell als praktikable Alternative die mechanische Bodenbearbeitung (z.B. Pflug). Dazu können in spezifischen Fällen weitere mechanische Unkrautvernichtungsverfahren und das Abflammen zur Anwendung kommen. Diese Alternativen ermöglichen es, den PSM-Einsatz und damit die PSM-Emissionen in die Umwelt zu reduzieren.

Eine generelle Glyphosat-Substitution durch Bodenbearbeitung ist weder ökologisch noch ökonomisch sinnvoll. Ein Verzicht könnte allerdings für einen Teil der Anwendungen eine Marktlücke eröffnen, welche die Entwicklung und Adoption neuer Technologien, wie zum Beispiel den Jät-Roboter, forcieren

könnten, welche eine verbesserte ökologische und ökonomische Bilanz im Vergleich zu Glyphosat und den aktuellen Alternativen aufweisen.

6.3 Schlussfolgerungen

Trotz der Glyphosat-Bedeutung für die Landwirtschaft ist die Verkaufsmenge dieses Wirkstoffs in der Schweiz seit 2008 insgesamt um 63 Prozent gesunken. Dies kann teilweise damit erklärt werden, dass die REB für schonende Bodenbearbeitung eine Beschränkung der Aufwandmenge von Glyphosat im Ackerbau von maximal 1.5 Kilogramm voraussetzen.

Es ist auch davon auszugehen, dass in der Landwirtschaft aufgrund der öffentlichen Diskussion und im Hinblick auf zu erwartende Einschränkungen im Glyphosat-Gebrauch bereits präventiv eine Reduktion oder ein Verzicht stattgefunden hat. Ebenfalls kann davon ausgegangen werden, dass sich die Landwirtschaft bereits heute auf mögliche Erwartungen des Marktes bezüglich einer Produktion mit einem möglichst geringen Einsatz oder ohne Glyphosat einstellt. Die im Rahmen der Agrarpolitik weiterhin und zusätzlich vorgesehenen Massnahmen zur Reduktion der Risiken beim PSM-Einsatz unterstützen eine Fortsetzung dieses Trends.

Der Bericht zeigt auch, dass es trotz bereits umgesetzter Massnahmen ein weiteres Reduktions-Potenzial des Glyphosat-Einsatzes gibt, das agronomisch und ökologisch vertretbar ist. In einigen Bereichen ist es möglich, rasch alternative Methoden einzuführen. Anwendungen, bei denen vorläufig nicht auf Glyphosat verzichtet werden kann, könnten zu einem späteren Zeitpunkt umgestellt werden. Dadurch würde der Forschung die nötige Zeit zur Entwicklung von Alternativen zur Verfügung stehen und die bereits existierenden Alternativen könnten zur Praxisreife gebracht werden.

Ein kompletter Ausstiegsplan sollte sowohl die Chancen als auch die damit verbundenen Risiken berücksichtigen. Ein totaler Glyphosat-Verzicht erfordert die Entwicklung von Alternativen, welche insgesamt keine grösseren Klima- und Umweltwirkungen haben als die Glyphosat-Anwendung selbst. Derzeit stehen nicht für alle Glyphosat-Anwendungen solche Alternativen zur Verfügung.

Der Aktionsplan für PSM und die Massnahmen im Rahmen der AP22+ zielen darauf ab, den Einsatz von PSM und die damit verbundenen Risiken nachweislich zu reduzieren. Dabei erfolgt keine Fokussierung auf einen einzelnen Stoff, sondern auf die Erreichung der globalen Risikoreduktionsziele. Ein Ausstiegsplan, der auf eine einzelne Substanz fokussiert, wäre nicht zielführend. Dies umso mehr, als Glyphosat nach der heutigen Beurteilung der massgebenden nationalen und internationalen Bewilligungsbehörde – bei Einhaltung der Anwendungsvorschriften - kein besonderes Risiko für die menschliche Gesundheit oder für die Umwelt darstellt.

Der Bundesrat ist deshalb der Auffassung, dass die Anstrengungen zur Reduktion des PSM-Einsatzes im Allgemeinen und von Herbiziden im Besonderen weitergeführt werden sollen. Dafür werden im Rahmen der AP22+ die nötigen Instrumente vorgeschlagen.

Anhang 1: Glossar

Abkürzung	Bedeutung
AP22+	Agrarpolitik ab 2022
BLV	Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen
BLW	Bundesamt für Landwirtschaft
DEPHY	Französischer Netzwerk von Bauernbetrieben, welche freiwillig eine Reduktion im Einsatz von Pflanzenschutzmittel anstreben
EAWAG	Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz
ECHA	Europäische Chemikalienagentur
EFSA	Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit
EU	Europäische Union
Eurostat	Statistisches Amt der Europäischen Union
FAO	Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen
FiBL	Forschungsinstitut für biologischen Landbau
HAFL	Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften
IARC	International Agency for Research on Cancer
JMPR	Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues
ÖLN	Ökologischer Leistungsnachweis
PSM	Pflanzenschutzmittel
PSMV	Verordnung über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln (Pflanzenschutzmittelverordnung, SR 916.161)
REB	Ressourceneffizienzbeiträge
SALCA	Swiss Agricultural Life Cycle Assessment
SBB	Schweizerische Bundesbahnen
SOSP	Volksinitiative «Für eine Schweiz ohne synthetische Pestizide»
TWI	Volksinitiative «Trinkwasserinitiative»
UAA	Utilised agricultural area (landwirtschaftlich genutzte Fläche)
USA	Vereinigte Staaten von Amerika
US-EPA	Umweltschutzbehörde der USA
WAK-NR	Kommissionen für Wirtschaft und Abgaben des Nationalrates
WAK-S	Kommissionen für Wirtschaft und Abgaben des Ständerates
WHO	Weltgesundheitsorganisation
ZA-AUI	Zentrale Auswertung Agrarumweltindikatoren, Agroscope

Anhang 2: Bibliographie

Andert S, Bürger J, Mutz J-E, Gerowitt B (2018) Patterns of pre-crop glyphosate use and in-crop selective herbicide intensities in Northern Germany. *European Journal of Agronomy*, 97, 20-27.

Antier, C., Andersson, R., Auskalnien, O., Bari, K., Baret, P., Besenhofer, G., Calha, I., Carrola Dos Santos, S., De Cauwer, B., Chachalis, D., Dorner, Z., Follak, S., Forristal, D., Gaskov, S., Gonzalez Andujar, J. L., Hull, R., Jalli, H., Kierzek, R., et al. (2020). A survey on the uses of glyphosate in European countries. INRAE. <https://doi.org/10.15454/A30K-D531>.

Anken T, Weisskopf P, Zihlmann U, Forrer HR, Jansa J, Perhacova K (2004) Long-term tillage system effects under moist cool conditions in Switzerland. *Soil & Tillage Research*, 78, 171-183.

Anken T, Stamp P, Richner W, Walther W, Weisskopf P, Rek J (2006). Nitrate leaching and soil structural properties under conventionally cultivated and no-till crops. Proceedings of the 17th conference of the soil and tillage research organisation, 28.08.-01.09., Kiel.

BAFU (2018) Stand der Umsetzung des Herbizidverbots. Studie zur Umsetzung des Anwendungsverbots von Herbiziden auf und an Strassen, Wegen und Plätzen. Bern.

BAFU (2019) Zu viele Pflanzenschutzmittel in kleinen Bächen. Mitteilung vom 02.04.2019, Bern.

BLW (2020) Beitrag für schonende Bodenbearbeitung (gemäss Art. 79–81 DZV) Teilnahmestatistik 2015–2019. Bern.

Balbuena MS, Tison L, Hahn ML, Greggers U, Menzel R, Farina WM (2015) Effects of sublethal doses of glyphosate on honeybee navigation. *Journal of Experimental Biology* 218, 2799-2805.

Bauernzeitung (2020) Abschlussarbeiten in Obstbau, 16. Oktober 2020.

Bayer AG (2019) Bayer Annual Report. 51368 Leverkusen.

Bertschi M, Enggist A (2018) Untersaat lohnt sich - dank REB-Beitrag. *LANDfreund*, 7, 24–26.

Bircher P, Liniger H, Prasuhn V (2019) Aktualisierung und Optimierung der Erosionsrisikokarte (ERK2), Bundesamt für Landwirtschaft, Bern.

Böcker T, Britz W, Möhring N, Finger R (2019a) An economic and environmental assessment of a glyphosate ban for the example of maize production. *European Review of Agricultural Economics*, 1-32.

Böcker T, Möhring N, Finger R (2019b) Herbicide free agriculture? A bio-economic modelling application to Swiss wheat production. *Agricultural Systems*, 173, 378–392.

Borrelli P, Robinson DA, Panagos P, Lugato E, Yang JE, Alewella C, Wuepper D, Montanarella L, Balabio C (2020) Land use and climate change impacts on global soil erosion by water (2015-2070). Proceedings of the National Academy of Sciences Aug 2020.

Bravin E, Kuster T (2017) Kosten der Baumstreifenpflege. *Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau*, 22, 8-12.

Dersch G, Baumgarten A (2019) Glyphosat im Erosionsschutz und Begrünungs- und Zwischenfruchtanbau. In Steinkellner S (Hrsg.). *Nationale Machbarkeitsstudie zum Glyphosatausstieg*. Endbericht zum Forschungsprojekt Nummer 101347, Wien, 150-175.

Dicke D, Dittrich R, Forster R, Gehring K, Götz R, Hüsken K, Kehlenbeck H, Klingenhagen G, Landschreiber M, Nordmeyer H, Schwarz J, Tümmler C, Ulber L, Wolber D, Zwerger P (2017) Handlungsempfehlung der Bund-Länder-Expertengruppe zur Anwendung von Glyphosat im Ackerbau und in der Grünlandbewirtschaftung, unveröffentlicht.

Dittmann, B (2012) Abschließende Ergebnisse zur Wirkung von langjährig pflugloser Bodenbearbeitung auf die Verunkrautung in der ökologischen Fruchtfolge Güterfelde. 25. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und - bekämpfung. *Julius-Kühn-Archiv* (434), 708-711.

EAWAG (2019) Zu viele Pflanzenschutzmittel in kleinen Bächen. Online verfügbar unter <https://www.eawag.ch/de/news-agenda/news-plattform/news/zu-viele-pflanzenschutzmittel-in-kleinen-baechen/>

EPA (2017) Revised glyphosate issue paper: Evaluation of carcinogenic potential. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Pesticide Programs.

Follak S, Andres L, Kastenhuber W, Redl M, Steinkellner S (2019) Alternativen zur Glyphosatanwendung. In Steinkellner S (Hrsg.). Nationale Machbarkeitsstudie zum Glyphosatausstieg. Endbericht zum Forschungsprojekt Nummer 101347, Wien, 177-199.

Gazzarin C (2019) Maschinenkosten 2019. Agroscope Transfer, 291.

Herbert LT, Vázquez DE, Arenas A, Farina WM (2014) Effects of field-realistic doses of glyphosate on honeybee appetitive behavior. *Journal of Experimental Biology* 217, 3457-3464.

Johansson C, Johnson F, Widén P, Andersson R, Manduric S, Olofsson S, Hallgren S, Söderberg T, Håkansson B, Elmquist H, Jansson E, Åsman K, Björkman M (2019) Vilka effekter kan ett glyfosatförbud medföra? Jönköping, Sweden: Jordbruksverket Rapport 2019:8.

Keel SG, Anken T, Büchi L, Chervet A, Fliessbach A, Flisch R, Huguenin-Elie O, Mäder P, Mayer Y, Sinaj S, Sturny W, Wüst-Galley C, Zihlmann U, Leifeld J (2019) Loss of soil organic carbon in Swiss long-term agricultural experiments over a wide range of management practices. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 286.

Kehlenbeck H, Saltzmann J, Schwarz J, Zwerger P, Nordmeyer H, Rossberg D, Karpinski I, Strassmeyer J, Golla B, Freier B (2015) Folgenabschätzung für die Landwirtschaft zum teilweisen oder vollständigen Verzicht auf die Anwendung von glyphosathaltigen Herbiziden in Deutschland. *Julius-Kühn-Archiv* 451, 1–156.

Keiser A, Ramsebner N (2020) Studienauftrag Glyphosat. HAFL Zollikofen (zurzeit unveröffentlicht).

Kudsk P and Mathiassen SK (2020) Pesticide regulation in the European Union and the glyphosate controversy. *Weed Sci.* 68: 214–222.

Lapierre M, Sauquet A, Subervie J (2019) Providing technical assistance to peer networks to reduce pesticide use in Europe: Evidence from the French Ecophyto plan.

Mitter H, Matousek T, Schmid E (2019) Modellierung ökonomischer Auswirkungen eines Ersatzes glyphosathaltiger Herbizide im österreichischen Ackerbau. In: Steinkellner S (Hrsg.). Nationale Machbarkeitsstudie zum Glyphosatausstieg. Endbericht zum Forschungsprojekt Nummer 101347, Wien, S. 201–213.

Motta EVS, Raymanna K, Morana NA (2018) Glyphosate perturbs the gut microbiota of honey bees. *PNAS*, 115 (41), 10305–10310.

Nemecek T, Bystricky M, Röthlin S (2020) Umweltwirkungen von Alternativen zur Glyphosatanwendung: Evaluation basierend auf der Ökobilanzierung. Agroscope, Bern (zurzeit unveröffentlicht).

Perrotet M (2015) La réduction des herbicides a un coût. *Agri*, 8 mai 2015.

Pfister R, Bovard LP, Murisier F, Rojard D, Viret O (2019) Quel entretien du sol? *Revue suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture* 51 (4), 233–238.

Prasuhn V (2012) On-farm effects of tillage and crops on soil erosion measured over 10 years in Switzerland. *Soil and Tillage Research* 120, 137–146

Prashun V (2020) Twenty years of soil erosion on-farm measurement: Annual variation, spatial distribution and the impact of conservation programmes for soil loss rates in Switzerland. *Earth Surf. Process. Landforms*, © 2020 John Wiley & Sons, Ltd.

Reboud X, Blanck M, Aubertot JN, Jeuffroy MH, Munier-Jolain N, Thiollet-Scholtus M (2017) Usages et alternatives au glyphosate dans l'agriculture française. Rapport Inra à la saisine Ref TR507024, 85 pages.

SBB (2019) SBB testet Alternativen zum Glyphosateinsatz. Abgerufen am 19.03.2020, <https://news.sbb.ch/medien/artikel/90746/sbb-testet-alternativen-zum-einsatz-von-glyphosat>.

Schmitz M, Garvert H (2012) Die ökonomische Bedeutung des Wirkstoffes Glyphosat für den Ackerbau in Deutschland. Journal für Kulturpflanzen 64 (5), 15-162.

Schulte MC, Theuvsen, L, Wiese, A, Steinmann HH (2016) Die ökonomische Bewertung von Glyphosat im deutschen Ackerbau. In Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus e.V. (ed.), Agrar- und Ernährungswirtschaft: Regional vernetzt und global erfolgreich. Münster: Landwirtschaftsverlag, 29-41.

Schulte M, Witte T de, Köhlmann T, Theuvsen L (2017) Ökonomische Bewertung eines Glyphosatverzichts auf einzelbetrieblicher Ebene. In: Heinschink K, Kantelhardt J, Kirner L, Stern T (Hrsg.). Jahrbuch der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie. Facultas, Wien, 147–156.

Schweizerischer Bundesrat (2017) Aktionsplan zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln, Bern.

Schweizerischer Bundesrat (2020) Botschaft zur Weiterentwicklung der Agrarpolitik ab 2022 (AP22+). Bern.

Schweizerischer Verband für die nachhaltige Entwicklung im Weinbau (2020) Basisanforderungen für den ÖLN im Weinbau 2020, Bern

Seitz S, Goebes P, Puerta VL, Engil Pereira EI, Wittwer R, Six J, Philipp, van der Heijden MGA, Scholten T (2019) Conservation tillage and organic farming reduce soil erosion. Agronomy for Sustainable Development, Springer Verlag/EDP Sciences/INRA, 2019, 39 (1).

Spiess E, Humphrys C, Richner W, Manuel K, Schneider MK, Piephoc HP, Chervet A, Prasuhn V (2020) Does no-tillage decrease nitrate leaching compared to ploughing under a long-term crop rotation in Switzerland? Soil and Tillage Research, 199.

Steinkellner S (Hrsg.) (2019) Nationale Machbarkeitsstudie zum Glyphosat-Ausstieg. Endbericht zum Forschungsprojekt Nummer 101347, Wien, 257 S.

Steinmann HH, Dickeduisberg M, Theuvsen L (2012) Uses and benefits of glyphosate in German arable farming. Crop Protection, 42, 164-169.

Thompson HM, Levine SL, Doering J, Norman S, Manson P, Sutton P, von Mérey G (2014) Evaluating Exposure and Potential Effects on Honeybee Brood (*Apis mellifera*) Development Using Glyphosate as an Example. Integrated Environmental Assessment and Management, 10 (3) 463–470.

Winter S, Bauer T, Strauss P, et al. (2018) Effects of vegetation management intensity on biodiversity and ecosystem services in vineyards: A meta-analysis. Journal of Applied Ecology 2018;55: 2484–2495.

Zoller O, Rhy P, Rupp H, Jürg A, Zarn JA, Geiser C (2018) Glyphosate residues in Swiss market foods: monitoring and risk evaluation. Food Additives & Contaminants: Part B, 11:2, 83-91.