



HOCHSCHULE
NEUBRANDENBURG

University of Applied Sciences

Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften

Fachgebiet Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz

Prof. Dr. Becke Strehlow

Masterthesis

Beurteilung der Entscheidungshilfe „InnoHerb“

mithilfe eines Feldversuches

urn:nbn:de:gbv:519-thesis-2025-0153-3

von

Martina Trost

Neubrandenburg

21.10.2025

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	II
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	VI
1. Einleitung und Problemstellung	1
1.1 Zielstellung und Forschungshypothesen.....	2
1.3 Vorgehensweise und Methoden.....	2
2 Literaturübersicht.....	3
2.1 Herbizide in Wintergetreide	3
2.1.1 Integrierter Pflanzenschutz und Entscheidungsfindung beim Pflanzenschutz	5
2.1.2 Resistenzmechanismen und Resistenzentwicklung in der Herbizidanwendung	12
2.2 Programm „InnoHerb“.....	19
2.2.1 Funktionsweise und Ziele des Programms	19
2.2.2 Ergebnisse zu InnoHerb und ähnlichen Programmen	22
2.2.3 aktuelle Entwicklung und Alternativen	26
3 Methode	29
3.1 Versuchsaufbau.....	29
3.1.1 Prüffaktor und Wiederholung.....	29
3.1.2 räumliche Anordnung	30
3.2 Versuchsdurchführung.....	31
3.2.1 Vorbereitung und Bonitur.....	31
3.2.2 Verwendung der Entscheidungshilfe IH.....	33
3.3 Statistische Auswertung.....	35
4 Ergebnisse.....	36
4.1 Ausgangsbonitur und Herbizidstrategie	36
4.1.1 Ausgangsbonituren und Eingabe in InnoHerb.....	36
4.1.2 InnoHerb-Vorschläge und Herbizidstrategien.....	42
4.2 Forschungshypothesen.....	48
4.2.1 Erreichung der Zielwirksamkeiten	48
4.2.2 Ergebnisse Wirkungsbonitur und Wirkungsgrad der Varianten.....	51
4.2.3 Kosten und Behandlungsindex der Variante	57
5 Diskussion und Fazit	59
5.1 Diskussion.....	59
5.2 Fazit	64
6 Zusammenfassung	65
Literaturverzeichnis	67
Eidesstattliche Erklärung	76
Anhang	77

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Parzellenanordnung der Spritzparzellen (12 größere Rechtecke) und Boniturparzellen (kleinere Rechtecke innerhalb) mit Längenangaben und Parzellenbezeichnungen (NV=Nullvariante, BÜ=betriebsüblich, IH=InnoHerb, „1“-„4“: Wiederholung 1-4), Hintergrund: WMS des DOP (Landesamt für Vermessung und Geoinformation Sachsen-Anhalt, o. J.-b)	31
Abbildung 2: Parzellen (grün, rosa, blau) mit Bonitурpunkten (braun), Hintergrund: WMS des DOP (Landesamt für Vermessung und Geoinformation Sachsen-Anhalt, o. J.-b)	32
Abbildung 3: Benutzermaske aus dem Programm InnoHerb (ISIP, o. J.-a) mit Basisdaten und Daten zur Begleitflora am Beispiel „Versuchsfläche“	34
Abbildung 4: Anzahl der Begleitflora-Pflanzen je m ² und Bedeckung durch Begleitflora in % zur Ausgangsbonitur auf den Flächen Salzwedel-Winterweizen (SAW WW), Salzwedel-Wintergerste (SAW WG), Salzlandkreis-Wintergerste (SLK WG) und Salzlandkreis-Winterweizen (SLK WW)	36
Abbildung 5: Artenzusammensetzung zum Zeitpunkt der Ausgangsbonitur (maximal die zehn am häufigsten vorkommende Arten mit jeweils mindestens 0,5 Pflanzen je m ²) auf den Flächen a: Salzwedel-Wintergerste, b: Salzwedel-Winterweizen, c: Salzlandkreis-Wintergerste und d: Salzlandkreis-Winterweizen anhand der Anzahl der Individuen	38
Abbildung 6: Artenzusammensetzung zum Zeitpunkt der Ausgangsbonitur (maximal die zehn am häufigsten vorkommende Arten mit jeweils mindestens 0,5 Pflanzen je m ²) auf den Flächen a: Salzwedel-Wintergerste, b: Salzwedel-Winterweizen, c: Salzlandkreis-Wintergerste und d: Salzlandkreis-Winterweizen anhand der Bedeckung	39
Abbildung 7: Eingabedaten für die Fläche Salzwedel-Wintergerste vom 22.10.2024 mit Kulturart, Saison, Entwicklungsstadium der Kultur, Angabe zu Trockenstress, Temperaturbereich, Sortierungshinweis und vorhandener Begleitflora	40
Abbildung 8: Eingabedaten für die Fläche Salzwedel-Winterweizen vom 05.11.2024 mit Kulturart, Saison, Entwicklungsstadium der Kultur, Angabe zu Trockenstress, Temperaturbereich, Sortierungshinweis und vorhandener Begleitflora	40
Abbildung 9: Eingabedaten für die Fläche Salzlandkreis Wintergerste vom 28.10.2024 mit Kulturart, Saison, Entwicklungsstadium der Kultur, Angabe zu Trockenstress, Temperaturbereich, Sortierungshinweis und vorhandener Begleitflora	41
Abbildung 10: Eingabedaten für die Fläche Salzlandkreis-Winterweizen vom 08.11.2024 mit Kulturart, Saison, Entwicklungsstadium der Kultur, Angabe zu Trockenstress, Temperaturbereich, Sortierungshinweis und vorhandener Begleitflora	41
Abbildung 11: Behandlungsvorschläge von InnoHerb für das Feld Salzwedel-Wintergerste, deren Preise und MOA/Wirkmechanismus	42
Abbildung 12: ausgewählter Behandlungsvorschlag für InnoHerb für die Fläche Salzwedel-Wintergerste, weitere Angaben dazu wie Preis und maximal zugelassene Aufwandmenge sowie erwarteter und gewünschter Effekt nach InnoHerb	43
Abbildung 13: Behandlungsvorschläge von InnoHerb für das Feld Salzwedel-Winterweizen, deren Preise und MOA/Wirkmechanismus	43

Abbildung 14: ausgewählter Behandlungsvorschlag für InnoHerb für die Fläche Salzwedel-Winterweizen, weitere Angaben dazu wie Preis und maximal zugelassene Aufwandmenge sowie erwarteter und gewünschter Effekt nach InnoHerb	44
Abbildung 15: Behandlungsvorschläge von InnoHerb für das Feld Salzlandkreis-Wintergerste, deren Preise und MOA/Wirkmechanismus	44
Abbildung 16: ausgewählter Behandlungsvorschlag für InnoHerb für die Fläche Salzlandkreis-Wintergerste, weitere Angaben dazu wie Preis und maximal zugelassene Aufwandmenge sowie erwarteter und gewünschter Effekt nach InnoHerb	44
Abbildung 17: Behandlungsvorschläge von InnoHerb für das Feld Salzlandkreis-Winterweizen, deren Preise und MOA/Wirkmechanismus	45
Abbildung 18: ausgewählter Behandlungsvorschlag für InnoHerb für die Fläche Salzlandkreis-Winterweizen, weitere Angaben dazu wie Preis und maximal zugelassene Aufwandmenge sowie erwarteter und gewünschter Effekt nach InnoHerb	45
Abbildung 19: Wirkungsgrad der Varianten IH=InnoHerb und BÜ=betriebsüblich bei der Bekämpfung einzelner Begleitflora-Arten auf der Fläche Salzwedel-Wintergerste nach a: Anzahl der Begleitflora-Pflanzen je m ² und b: Bedeckung durch Begleitflora sowie Zielwirkungsgrad von InnoHerb	49
Abbildung 20: Wirkungsgrad der Varianten IH=InnoHerb und BÜ=betriebsüblich bei der Bekämpfung einzelner Begleitflora-Arten auf der Fläche Salzwedel-Winterweizen nach a: Anzahl der Begleitflora-Pflanzen je m ² und b: Bedeckung durch Begleitflora sowie Zielwirkungsgrad von InnoHerb	50
Abbildung 21: Wirkungsgrad der Varianten IH=InnoHerb und BÜ=betriebsüblich bei der Bekämpfung einzelner Begleitflora-Arten auf der Fläche Salzlandkreis-Wintergerste nach a: Anzahl der Begleitflora-Pflanzen je m ² und b: Bedeckung durch Begleitflora sowie Zielwirkungsgrad von InnoHerb	51
Abbildung 22: Anzahl der Begleitflora-Pflanzen je m ² in den drei Varianten NV=Nullvariante ohne Herbizid, BÜ=betriebsüblich, IH=InnoHerb auf den Flächen a: Salzwedel-Wintergerste, b: Salzwedel-Winterweizen, c: Salzlandkreis-Wintergerste und d: Salzlandkreis Winterweizen	52
Abbildung 23: Bedeckung durch Begleitflora in den drei Varianten NV=Nullvariante ohne Herbizid, BÜ=betriebsüblich, IH=InnoHerb auf den Flächen a: Salzwedel-Wintergerste, b: Salzwedel-Winterweizen, c: Salzlandkreis-Wintergerste und d: Salzlandkreis Winterweizen.....	54
Abbildung 24: Herbizid-Kosten in €/ha und Kosten-Reduktion durch InnoHerb der beiden Varianten BÜ=betriebsüblich und IH=InnoHerb für die Flächen SAW WG=Salzwedel-Wintergerste, SAW WW=Salzwedel-Winterweizen, SLK WG=Salzlandkreis-Wintergerste und SLK WW=Salzlandkreis-Winterweizen	57
Abbildung 25: Behandlungsindex der beiden Varianten BÜ=betriebsüblich und IH=InnoHerb für die Flächen SAW WG=Salzwedel-Wintergerste, SAW WW=Salzwedel-Winterweizen, SLK WG=Salzlandkreis-Wintergerste, SLK WW=Salzlandkreis-Winterweizen sowie die Reduktion des BI in der IH-Variante	58

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Prüffaktoren und deren Faktorstufen (NV=Nullvariante, BÜ=betriebsüblich, IH=InnoHerb, SLK=Salzlandkreis, SAW=Altmarkkreis Salzwedel, WG=Wintergerste, WW= Winterweizen) mit Anzahl der Kombinationen daraus sowie Wiederholungen und Anzahl der Prüfglieder.....	30
Tabelle 2: Herbizidstrategien der Varianten BÜ=betriebsüblich und IH=InnoHerb auf den Flächen SAW WG=Salzwedel-Wintergerste, SAW WW=Salzwedel-Winterweizen, SLK WG=Salzlandkreis-Wintergerste und SLK WW=Salzlandkreis-Winterweizen mit verwendeten PSM=Pflanzenschutzmittel, deren Aufwandmengen, Wirkstoffe und Wirkstoffmengen	47
Tabelle 3: Wirkungsgrad nach der Anzahl der Begleitflora-Pflanzen und nach der Bedeckung in % der Varianten BÜ=betriebsüblich und IH=InnoHerb für die Flächen SAW WG=Salzwedel-Wintergerste, SAW WW=Salzwedel-Winterweizen, SLK WG=Salzlandkreis-Wintergerste und SLK WW=Salzlandkreis-Winterweizen sowie deren Standardabweichungen und Spannweiten	56

Abkürzungsverzeichnis

BI	Behandlungsindex
BÜ	betriebsübliche Herbizidstrategie
HRI 1	Harmonisierter Risikofaktor 1
IH	InnoHerb
IPS	Integrierter Pflanzenschutz
MoA	Mode of Action
NV	Nullvariante
PS	Pflanzenschutz
PSM	Pflanzenschutzmittel
SAW	Altmarkkreis-Salzwedel
SLK	Salzlandkreis
WG	Wintergerste
WW	Winterweizen

1. Einleitung und Problemstellung

Die Reduktion des Einsatzes von chemischen Pflanzenschutzmitteln (PSM) wird in Politik, Gesellschaft sowie (Land-)Wirtschaft diskutiert. Chemische PSM können helfen Ertrag und Qualität von Ernteprodukten zu sichern und damit zur Versorgung der Gesellschaft mit hochwertigen Nahrungsmitteln beitragen. Doch die Verwendung chemischer PSM sollte verantwortungsvoll erfolgen, um Risiken wie die Beeinträchtigung von Nichtzielorganismen oder die Resistenzbildung bei Zielorganismen zu vermeiden.

Die EU verfolgt im Rahmen des „Green Deal“ das Ziel, die Verwendung und das Risiko chemischer PSM bis 2030 um 50 % zu reduzieren. (European Commission, 2020, S. 9). Unterstützt wird dieses Vorhaben durch die „Sustainable Use of Pesticides“-Richtlinie. Diese fordert unter anderem die Implementierung des Integrierten Pflanzenschutzes (IPS) (European Union, 2009). Grundsätze des IPS sind beispielsweise die Überwachung von Schaderegern, die Entscheidungsfindung unter Verwendung von Schwellenwerten sowie die Reduktion des Einsatzes chemischer PSM auf das notwendige Maß (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, o. J.-a).

Das Risiko des Herbizideinsatzes in Deutschland nach dem Harmonisierten Risikofaktor 1 (HRI 1) der EU nimmt trotz einer deutlichen Reduktion im Vergleich zum Referenzzeitraum 2011-2013 in den Jahren 2020 bis 2023 den größten Anteil am Gesamtrisiko des HRI 1 ein (Julius Kühn-Institut, 2024a). Insbesondere im Bereich der Herbizide lohnt es sich daher, weiter nach Möglichkeiten der Effizienzsteigerung zu forschen und bestehende Lösungsansätze weiter zu verfolgen.

Digitale Entscheidungshilfen können für Landwirte ein Werkzeug bei der Effizienzsteigerung im Einsatz von Betriebsmitteln sein. Im Bereich des chemischen Pflanzenschutz (PS) können sie zudem bei der Einhaltung der Grundsätze des IPS und der Erreichung von Reduktionszielen unterstützen. Eine solche Entscheidungshilfe ist „InnoHerb“ (IH) des Julius Kühn – Instituts. IH soll Landwirten bei der Erhöhung der Effizienz des Einsatzes von Herbiziden in Getreide und Mais helfen und berücksichtigt dabei einige Vorgaben des IPS (Julius Kühn-Institut, o. J.-f).

Damit IH Landwirte bei der Effizienzsteigerung im HE-Einsatz unterstützen kann, muss es Anwendung in der Praxis finden. Ergebnisse aus dem Einsatz in der landwirtschaftlichen Praxis können die Verbreitung fördern.

1.1 Zielstellung und Forschungshypothesen

Im Rahmen dieser Arbeit wird deshalb die Tauglichkeit von IH im Herbst in Winterweizen und Wintergerste zur Bekämpfung von Begleitflora im landwirtschaftlichen Praxisumfeld untersucht. Damit sollen folgende Forschungshypothesen geprüft werden:

1. „InnoHerb“ erreicht seine angestrebten Zielwirksamkeiten bei der Regulierung von Begleitflora.
2. Die von „InnoHerb“ erreichten Wirkungsgrade bei der Regulierung von Begleitflora sind trotz reduzierter Aufwandmengen vergleichbar mit denen einer betriebsüblichen Herbizidanwendung:
 - a) sowohl in Wintergerste als auch in Winterweizen und
 - b) unabhängig vom Standort.
3. Durch den Einsatz reduzierter Aufwandmengen kann die Anwendung von „InnoHerb“ im Vergleich zu einer betriebsüblichen Herbizidanwendung Kosten einsparen und den Behandlungsindex senken.

Diese Hypothesen werden mithilfe eines randomisierten Feldversuches in vierfacher Wiederholung an zwei Standorten in Sachsen-Anhalt getestet. Um den Erfolg der Herbizidanwendungen beurteilen zu können, werden die verschiedenen Herbizidstrategien mit einer Variante ohne chemischen PS verglichen.

1.3 Vorgehensweise und Methoden

Im nachfolgenden Kapitel sind Informationen zum Herbizideinsatz aufgeführt. Unter anderem geht es dabei um den Integrierten PS, die Entscheidungsfindung beim Herbizideinsatz und Resistenzmechanismen sowie -entwicklung. Anschließend wird das Programm IH genauer beschrieben. Dabei wird auf die Funktionsweise und Ziele sowie die aktuelle Entwicklung von IH eingegangen. Außerdem werden vorhandene Versuchsergebnisse zum Programm angeführt. Es folgt die Erläuterung der verwendeten Methoden des Feldversuches sowie in einem weiteren Kapitel die Darstellung der Ergebnisse daraus. Schlussendlich werden die Ergebnisse vor dem Hintergrund der gesammelten Informationen diskutiert, um zu einer abschließenden Bewertung von IH in der landwirtschaftlichen Praxis zur Herbizidanwendung im Wintergetreide zu gelangen.

2 Literaturübersicht

Im folgenden Abschnitt wird eine Auswahl an Informationen des aktuellen Stand des Wissens zu den Themen Herbizidanwendung in Wintergetreide und dem digitalen Entscheidungshilfe-Programm InnoHerb dargelegt. Im Teil zu Herbiziden in Wintergetreide geht es um IPS und die Entscheidungsfindung beim Einsatz von Herbiziden sowie das Thema Herbizidresistenzen, deren Mechanismen und Entwicklung. Im Abschnitt zum Programm IH sind die Funktionsweise und Ziele des Programms, Ergebnisse aus der Anwendung des Programms und Aspekte der aktuellen Entwicklung beschrieben.

2.1 Herbizide in Wintergetreide

Die enorme Bedeutung von Herbiziden zeigt sich unter anderem daran, dass Herbizide in Deutschland die chemische Pflanzenschutzgruppe mit der größten Absatzmenge ist. Zwischen 2013 und 2023 wurden jährlich jeweils etwa 16.000 to im Inland abgesetzt. Im Vergleich dazu wurden im Mittel dieser Jahre jährlich etwa 11.000 to Fungizide, 3.000 to Wachstumsregler und 1.000 to Insektizide abgesetzt. Damit ist der Anteil der Herbizide am Gesamtabsatz der chemischen PSM in diesen Jahren durchschnittlich über 50 % (Julius Kühn-Institut, 2024b).

Alleine durch die Absatzmenge kann allerdings kein direkter Rückschluss auf die angewendete PS-Intensität gemacht werden, da verschiedene PSM in unterschiedlichen Größenordnungen ausgebracht werden müssen, um ihre Wirkung zu erzielen.

Über die Intensität von PS-Anwendungen gibt der Behandlungsindex (BI) Auskunft. Mit dem BI wird die Anzahl der angewendeten PSM in Bezug auf ihre Aufwandmenge und behandelte Fläche beschrieben. Mehrere verwendete PSM, eine hohe Aufwandmenge sowie eine Behandlung der gesamten Fläche, erhöhen den BI (Julius Kühn-Institut, o. J.-g).

Die Berechnung erfolgt getrennt für jedes PSM aus Flächenkoeffizient und Aufwandmengkoeffizient. Der Flächenkoeffizient berechnet sich als Quotient der tatsächlich behandelten Fläche zur Gesamtfläche der Bewirtschaftungseinheit. Der Aufwandmengkoeffizient ist der Quotient aus der angewendeten Aufwandmenge zur maximal zugelassenen Aufwandmenge (Roßberg, 2013, S. 145).

Der BI kann sowohl für einzelne PSM-Gruppen (Herbizid, Fungizid, Wachstumsregler, Insektizid), als auch für alle PSM gemeinsam angegeben werden. Der Anteil des Herbizid-BI am gesamt-BI beträgt bei WW und WG in den Jahren 2018 bis 2023 in Deutschland knapp unter 40 %. Dies ist, wie bei der Absatzmenge, der größte Anteil unter den PSM-Gruppen. Allerdings ist der Unterschied zur PSM-Gruppe der Fungizide beim BI nur gering – der Fungizid-BI umfasst etwa 35 % des gesamt-BI.

Absolut liegt der Herbizid-BI bei WW in diesen Jahren durchschnittlich bei etwa 1,9 und bei WG bei ca. 1,7 (Julius Kühn-Institut, o. J.-g).

Das Programm IH kann neben Weizen und Gerste auch in Mais angewendet werden (Julius Kühn-Institut, o. J.-a). Der Herbizid-BI von Mais ist mit ca. 1,9 ähnlich hoch, allerdings macht hier der Herbizid-BI mit durchschnittlich 98 % fast den gesamten BI aus (Julius Kühn-Institut, o. J.-g).

Ein Maßstab für das Risiko von PSM-Einsatz ist der „Harmonised Risk Indicator 1“ (HRI1). In diesem werden Wirkstoffe nach ihrem Risiko in vier Gruppen eingeordnet, welche verschiedene Gewichtungen erhalten. Die Gewichtungen werden dann jeweils mit der Absatzmenge der Wirkstoffe verrechnet und anschließend aggregiert in Referenz zum Zeitraum 2011-2013 angegeben (European Union, 2019a).

Auch wenn der HRI1 von Herbiziden im Jahr 2023 nur noch etwa halb so hoch ist, wie im Referenzzeitraum, nehmen Herbizide in den Jahren 2013-2023 unter den vier PSM-Gruppen mit durchschnittlich 47 % den größten Teil des HRI1 ein (Julius Kühn-Institut, 2024a).

Im Projekt „Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz“ wurde mithilfe des Modells SYNOPS das Umweltrisiko von PSM räumlich bewertet (Dachbrodt-Saaydeh et al., 2021, S. 103).

Im SYNOPS-Modell wird anhand der PSM-Absatzmengen und -Einsatzmöglichkeiten, der daraus resultierenden Umweltkonzentration sowie der Toxizität der Wirkstoffe Risikoindices für Stellvertreterorganismen in Gewässern und Boden berechnet. Die Risikoindices geben Aufschluss über das akute und chronische Risiko für die Referenzorganismen (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2024d).

Es stellt sich heraus, dass Herbizidanwendungen in der Untersuchung den größten Anteil des akuten aquatischen Risikos einnehmen und ihre Risikoindices in der mittleren Risikokategorie liegen. Das chronische Risiko für aquatische Organismen und das akute Risiko für Nichtzielarthropoden durch Herbizidanwendungen lag im niedrigen oder sehr niedrigen Bereich (Dachbrodt-Saaydeh et al., 2021, S. 107–111).

Weiterhin lässt sich feststellen, dass das Ziel der Reduktion des Risikos um 30 % bis 2023 gegenüber des Referenzzeitraums 1996 bis 2005 für Herbizide nur beim chronischen aquatischen Risiko erreicht werden konnte (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2024a). Sowohl beim akuten aquatischen Risiko (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2024a), als auch bei den akuten und chronischen Risiken für terrestrische Nichtzielorganismen konnte das Ziel nicht erreicht werden (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2024b).

Durch die Anwendung von Minderungsmaßnahmen besonders auf Hangflächen sowie der Anwendung gezielt ausgewählter PSM mit geringerem Risiko könnte das Umweltrisiko effektiv gesenkt werden (Dachbrodt-Saaydeh et al., 2021, S. 125 f.).

Diese Kenngrößen der Herbizid-Absatzmenge, der Handlungsindizes sowie des Risikos, angegeben in Form des HRI1 und SYNOPS, des Herbizideinsatzes verdeutlichen, dass nach wie vor, sowohl in den Getreiden, als auch im Mais, ein ökonomisches und ökologisches Potential vorhanden ist. Dieses könnte durch eine mögliche Einsparung von Herbiziden, durch das Programm IH, noch weiter ausgereizt werden. Besonders bei Kulturen mit viel Anbaufläche ist ein Einsparpotenzial im Herbizideinsatz ein großer Hebel der Effizienzsteigerung.

In Deutschland sind Weizen, Mais und Gerste die Kulturen mit der meisten Anbaufläche. Davon entfallen in den Jahren 2015-2024 etwa 3 Mio. ha auf Weizen, 2,6 Mio. ha auf Mais und 1,6 Mio. ha auf Gerste (Statistisches Bundesamt, 2025a). Dies macht etwa 60 % der knapp 11,7 Mio. ha Ackerfläche in Deutschland aus (FAO, o. J.).

Im Folgenden geht es um den IPS und die Entscheidungsfindung beim Herbizideinsatz, nachfolgend um das Thema der Herbizidresistenzen.

2.1.1 Integrierter Pflanzenschutz und Entscheidungsfindung beim Pflanzenschutz

PS soll Pflanzen vor Schadorganismen schützen (Bundesministerium der Justiz, o. J.-a). PS darf allerdings nur der guten fachlichen Praxis entsprechend durchgeführt werden. Darunter fällt auch die Einhaltung der Grundsätze des IPS (Bundesministerium der Justiz, o. J.-b).

Die acht Grundsätze des IPS besagen unter anderem,

1. dass vor der Verwendung von PSM vorbeugende Maßnahmen durchzuführen sind.
2. Schadorganismen müssen überwacht werden
3. und Basis der Ergebnisse der Überwachung müssen, gemeinsam mit wissenschaftlich begründeten Schwellenwerten, in die Entscheidungsfindung zur PS-Maßnahme einfließen.
4. Falls eine PS-Behandlung durchgeführt werden soll, sind nicht-chemische PSM zu bevorzugen.
5. Weiterhin müssen eingesetzte chemische PSM möglichst zielartenspezifisch sein und geringe Nebenwirkungen für Nichtzielorganismen auslösen.
6. Die Verwendung von PSM muss auf das notwendige Maß beschränkt sein,
7. unter gleichzeitiger Anwendung von Resistenzvermeidungsstrategien.
8. Nach der PSM-Anwendung muss der Erfolg der PS-Maßnahme überprüft werden (European Union, 2019b).

Vorbeugende Maßnahmen bei der Regulierung von Begleitflora sind beispielsweise der Pflugeinsatz, ein Wechsel von Halm- und Blattfrüchten, der Einsatz von Untersaaten, die Reinigung von Geräten zur Verhinderung von Samen-Verschleppung oder das Mulchen von Feldrändern (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, o. J.-e).

Beispielsweise zeigt sich im Rahmen des Projektes „Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz“ ein deutlicher signifikanter Anstieg des Herbizid-BIs in Winterraps mit Vorfrucht Wintergetreide um 0,7 bei pflugloser Bewirtschaftung (Dachbrodt-Saaydeh et al., 2021, S. 55 f.). Ein negative Korrelation zeigt sich dort wiederum zwischen dem Aussaattermin und der Anwendungsintensität von Herbiziden (Dachbrodt-Saaydeh et al., 2021, S. 71).

Zur Überwachung der Schadorganismen sind Befallskontrollen an den Kulturpflanzen bzw. auf dem Acker geeignet. Über geeignete Methoden informieren die Pflanzenschutzdienste der Länder. Außerdem können deren Warndienstangebote bei der Wahl eines geeigneten Zeitpunkts für die Überwachung unterstützen (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, o. J.-a).

Bei der Überwachung von Begleitflora ist es erforderlich die Begleitflora bereits zum Auf-
laufen der Kultur in ihrer Anzahl und Art zu bestimmen. Zur Bestimmung der Unkrautdicke kann ein Zähl- und Schätzrahmen verwendet werden (Freier et al., 2018, S. 24 f.).

Für die Optimierung des IPS im Ackerbau ist es allerdings notwendig die Bestände durchgängig und intensiv zu beobachten und den Befall von Schaderregern zu erheben (Fink et al., 2021, S. 13). So wurde etwa im Rahmen der „Demonstrationsbetriebe Integrierter Pflanzenschutz“ durchschnittlich über zwei Stunden Bestandsüberwachung pro Schlag in der Vegetationsperiode aufgewendet. Nach Abschluss des Projektes können die teilnehmenden Betriebe diesen Umfang laut eigenen Angaben aus betriebswirtschaftlichen Gründen nicht aufrechterhalten (Fink et al., 2021, S. 12).

Grundsätzlich sollen Entscheidungen zu PS-Maßnahmen unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen Schadschwelle erfolgen. Bei Erreichen dieser Schadschwelle ist der Schaden in Form eines Ernteverlustes durch Schaderreger mindestens so hoch, wie der Aufwand einer entsprechenden PS-Anwendung. Diese Schadschwelle ist kein fester Wert, sondern ist jahres- und situationsabhängig. Ein weiterer Wert, der bei der Entscheidungsfindung praxisnah unterstützen kann, ist der Bekämpfungsrichtwert. Bei diesem handelt es sich um einen festen Wert bzw. Bereich, der durch langjährige Versuche der Bundesländer bestimmt wird. Der Bekämpfungsrichtwert ist so bestimmt, dass eine Maßnahme zum Zeitpunkt des Erreichens des Richtwertes einen Befall mit Schaderregern unter der wirtschaftlichen Schadensschwelle halten soll (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, o. J.-a).

So ist der Bekämpfungsrichtwert in Winterweizen beispielsweise bei Klettenlabkraut mit 0,1 bis 0,5 Pflanzen/m² aufgrund der hohen Konkurrenzwirkung deutlich geringer, als bei anderen zweikeimblättrigen Unkräutern mit etwa 40-50 Pflanzen/m² (Freier et al., 2018, S. 26 ff.).

Bei der Entscheidung können zu den Überwachungsergebnissen und Schwellenwerten auch Prognosemodelle, Entscheidungshilfen und amtliche Beratungsangebote genutzt werden. Entscheidungshilfen helfen beispielsweise bei der Bestimmung von Schadorganismen vor Ort oder auch bei der Auswahl eines geeigneten PSM (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, o. J.-a).

Bei der Bestimmung der Begleitflora können Apps, wie beispielsweise „Flora Incognita“ helfen. Mit dieser App können viele Arten mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit sicher bestimmt werden, eine Untersuchung stellt eine Trefferquote von über 98 % fest (Rzanny et al., 2024).

Zu den Entscheidungshilfen bei der Auswahl der zu verwendenden PSM und ihrer Dosis in Getreide und Mais gehört das im folgendem Versuch getestete Programm InnoHerb (Julius Kühn-Institut, o. J.-f). Auch der „Pflanzenschutzmittel-Finder“ des Landes Hessen gibt Empfehlungen für PSM und ihre Aufwandmenge für bestimmte Unkrautarten in den Kulturen Getreide, Mais und Raps (Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, o. J.).

Eine Übersicht zu bestehenden, sich in der Entwicklung befindlichen sowie abgeschlossenen Projekten zu Entscheidungshilfen und Prognosemodellen kann auf der Webseite des Kompetenzzentrum für Entscheidungshilfen im Pflanzenschutz - ZEPP - gefunden werden (ZEPP, 2025). Aktive Entscheidungshilfen können auf ISIP genutzt werden (ISIP, o. J.-b). Nicht-chemische PS-Maßnahmen können physikalische, biologische und biotechnische Maßnahmen sein (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, o. J.-c).

Physikalische Maßnahmen eignen sich zur Regulierung von Begleitflora. Dabei werden mechanische Maßnahmen, wie das Verwenden von Striegel oder Hacke, aber auch thermische Maßnahmen, bei denen Begleitflora abgeflammt wird, angewendet (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, o. J.-d).

Bei PS-Mitteln wird zwischen biologischen, chemischen und chemisch-synthetischen PS-Mitteln unterschieden. Zu den biologischen gehören beispielsweise pflanzliche Stoffe, Pheromone oder Mikroorganismen. Chemische PS-Mittel sind chemische Elemente, wie beispielsweise Kupfer. Zur Bekämpfung von Begleitflora können chemisch-synthetische PSM verwendet werden, welche künstlich hergestellt werden (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2024e).

Bei der Anwendung von PSM muss auf die spezifischen Abstandsauflagen und abdriftarme Technik und Bedienung der Feldspritze geachtet werden. Dazu gehören der korrekte Einsatz abdriftmindernder Düsen, eine angepasste Fahrgeschwindigkeit sowie eine passende Gestängehöhe. Dadurch können Nichtzielorganismen geschützt werden (Pflanzenschutzdienste der Länder, 2021, S. 22).

Die Fahrgeschwindigkeit mit der Feldspritze sollte im Ackerbau regelmäßig nicht mehr als 8 km/h betragen, sofern die Verwendungsbestimmungen nichts anderes vorsehen. Beim Zielflächenabstand ist auf den Abstand der Düsen an der Feldspritze zu achten. So sollte das Gestänge bei einem Düsenabstand von 50 cm ebenfalls 50 cm über der Zielfläche gehalten werden (Julius Kühn-Institut, 2025).

Die Windgeschwindigkeit sollte bei der Ausbringung von PSM unter 5 m/s sein. Zum Schutz der Nichtzielorganismen sollte die Reinigung der Feldspritze auf der behandelten Fläche geschehen und das Reinigungswasser nicht in Kanalisation oder Gewässer geraten (Pflanzenschutzdienste der Länder, 2021, S. 23).

Das notwendige Maß bei einer chemischen PS-Maßnahme wird eingehalten, wenn nur so intensiv behandelt wird, wie es der wirtschaftliche Anbau der Kulturpflanze erfordert. Gleichzeitig sollen alle anderen praktikablen Möglichkeiten der Schaderreger-Abwehr ausgenutzt und die Belange von Mensch und Umwelt berücksichtigt sein. Es soll nur so viel angewendet werden, wie nötig und so wenig, wie möglich (Pflanzenschutzdienste der Länder, 2021, S. 6).

Beim Einhalten des notwendigen Maßes von Herbiziden können beispielsweise Netzstoffe unterstützen. Diese können die Wirkung der Wirkstoffe bei niedriger Luftfeuchte und hoher Strahlungsintensität verbessern (Pflanzenschutzdienste der Länder, 2021, S. 24).

Außerdem kann die Behandlung mit Herbiziden durch Teilflächenbehandlungen beschränkt werden. Dabei können beispielsweise Bandspritzungen bei Reihenkulturen in Kombination mit einer mechanischen Bekämpfung zwischen den Reihen oder auch Einzelpflanzenbehandlungen angewendet werden (Pflanzenschutzdienste der Länder, 2021, S. 25).

Im Rahmen des Projektes „Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz“ wird jährlich retrospektiv die Größenordnung des notwendigen Maßes mithilfe fachlicher Bewertung und Daten zur PS-Intensität bestimmt (Dachbrodt-Saaydeh et al., 2021, S. 12 f.). Dabei werden zur Bewertung des notwendigen Maßes unter anderem Faktoren wie Dosierung, Zeitpunkt der Maßnahme, Notwendigkeit der Maßnahme, Mittelwahl oder die Möglichkeit einer alternativen Maßnahme herangezogen (Dachbrodt-Saaydeh et al., 2021, S. 138).

Der Einsatz von Resistenzvermeidungsstrategien ist wichtig um die Wirksamkeit der zur Verfügung stehenden PSM zu erhalten. Dabei ist vor allem auf den Wechsel von Wirkstoffen bzw. Wirkstoffklassen zu achten. Zur Überprüfung der Wirksamkeit der Maßnahme sollten weitere Kontrollen des Schaderregerbefalls sowie Auslassungsfenster verwendet werden (Pflanzenschutzdienste der Länder, 2021, S. 9).

Wenn eine Maßnahme sich im Nachhinein als nicht wirksam herausstellt, sollte Ursachenforschung betrieben werden, eventuell auch im Austausch mit Beratern oder Berufskollegen. Die Bewertung und Dokumentation der Maßnahmen und Ergebnisse sind eine wichtige Grundlage für folgende Entscheidungen im PS (Pflanzenschutzdienste der Länder, 2021, S. 28).

Trotz der gesetzlichen Vorschrift der Einhaltung der Grundsätze des IPS im Pflanzenschutzgesetz (Bundesministerium der Justiz, o. J.-b) zeigt sich beispielsweise bei einer Befragung von 32 Betriebsleitern in Nordrhein-Westfalen, dass der IPS bei der Bekämpfung von Insekten nicht von allen umgesetzt wird (Thiel et al., 2019, S. 23). Dennoch haben sich die Möglichkeiten des IPS in der Unkrautbekämpfung als ähnlich wirksam, wie die Maßnahmen des „Standard-PS“ erwiesen (A. Verschwele et al., 2016). Als mögliche Gründe für eine Bekämpfung ohne vorheriges Monitoring auf der Fläche werden vor allem der (Zeit-)Aufwand des Monitorings und die Risikoabsicherung durch die Behandlung bzw. fehlendes Vertrauen in die Schadschwellen genannt (Thiel et al., 2019, S. 14 ff.).

Im Projekt „Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz“ zeigt sich bei Winterweizen in den Jahren 2007-2017 eine Einhaltung des notwendigen Maß von durchschnittlich 86 % für alle PS-Maßnahmen. Bei Herbiziden betrug die Abweichung nur 6 % (Dachbrodt-Saaydeh et al., 2021, S. 60–63).

Im Jahr 2022 beträgt der Anteil der PS-Maßnahmen, die dem notwendigen Maß entsprechen über alle Kulturen gemittelt 90 %. Die Zielquote von 95 % ist damit erst zu 95 % erreicht. Bei Winterweizen beträgt der Anteil 85 %, vergleichbar zu den Vorjahren. Bei Wintergerste entsprechen 90 % der Anwendungen dem notwendigen Maß (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2024c).

Auch bei der Befragung von norwegischen Landwirten zeigt sich, dass sie häufig wider besseren Wissens chemischen PS anwenden um das Risiko von Einkommensverlusten kurzfristig zu minimieren. Das nötige Vertrauen in die langfristigen Vorteile des IPS muss für die weitere Verbreitung von IPS in der Praxis gesteigert werden (Steiro, 2018, S. 99).

In der Realität zeigt sich, dass Pflanzenschutz vor allem mittels chemischer PSM durchgeführt wird, statt mit vermeidenden und nicht-chemischen Maßnahmen. Mögliche Ursachen dafür sind die durch Politik und Gesellschaft auferlegten engen Rahmen- und Marktbedingungen, in denen Landwirte einem erheblichen ökonomischen Druck ausgesetzt sind. Weiterhin fehlen Ressourcen in der Wissenschaft um beispielsweise die für den IPS sehr wichtigen ökonomischen Schwellenwerte zu aktualisieren und erproben (Heikki & Hokkanen, 2015, S. 543 f.).

Bei den Demonstrationsbetrieben Integrierter Pflanzenschutz werden als hemmende Faktoren nichtchemische PS-Maßnahmen anzuwenden unter anderem ein möglicher Investitionsbedarf, der Zeitbedarf bei Implementierung neuer Arbeitsprozesse, höherer Arbeitsaufwand und die Notwendigkeit von Erprobungsphasen genannt (Helbig et al., 2021, S. 290). Weiterhin sind schlechte betriebswirtschaftliche Rahmenbedingungen ein Hemmnis für die Umsetzung von IPS. Dies liegt unter anderem an den eben genannten Investitionskosten, auch in Form von Lern- und Transaktionskosten, die erst langfristig zu erhöhten oder sichereren Erträgen führen. An dieser Stelle besteht Forschungsbedarf bezüglich Quantifizierung solcher Effekte und Möglichkeiten Landwirte bei diesen Schwierigkeiten zu unterstützen (Helbig et al., 2021, S. 303).

Eine norwegische Untersuchung zeigt, dass unter anderem Umweltbewusstsein, der Wunsch ein qualitativ hochwertiges Produkt herzustellen, häufiger Kontakt mit Kollegen, eine längere Bildungsdauer, als auch das weibliche Geschlecht förderlich auf den Umfang der Anwendung von IPS wirken. Dahingegen steht ein geringes landwirtschaftliches Einkommen in Zusammenhang mit geringerer Umsetzung von IPS. Besonders wichtig für die Förderung des Einsatzes verschiedener Maßnahmen des IPS scheint nicht vor allem, wie von der norwegischen Regierung angenommen, die Wissensvermittlung über und Dokumentation von IPS (Steiro, 2018, S. 98). Vielmehr ist die Implementierung von IPS als gute fachliche Praxis im regionalen Kontext und im direkten Kontakt unter Landwirten und Gesellschaft entscheidend (Steiro, 2018, S. 101).

Dazu beitragen können laut der Forschungsagenda des Nationalen Aktionsplans Pflanzenschutz Fortbildungsmaßnahmen, persönliche Pflanzenschutzberatung und Demonstrationsbetriebe (NAP, 2016, S. 19 ff.).

Im Rahmen der Demonstrationsbetriebe Integrierter Pflanzenschutz werden eine positive Einstellung der Betriebsleiter zur Wissenschaft, eine hohe Risikobereitschaft sowie gesellschaftliche Wertschätzung, insbesondere von Berufskollegen als fördernde Faktoren zur Anwendung nicht-chemischer PS-Maßnahmen genannt (Helbig et al., 2021, S. 290).

Fördernde und motivierende Faktoren für Erzeuger IPS anzuwenden sind beispielsweise die Aussicht auf eine bessere Vermarktung ihrer höherqualitativen Erzeugnisse sowie der Wissensaustausch und -gewinn unter Kollegen (Buurma & van der Velden, 2017, S. 97).

Grundsätzlich scheint weiteres Netzwerken ein sinnvoller Weg zu sein IPS mehr in die Anwendung zu bringen. Dabei sollte unter anderem der internationale Austausch sowie der durchdringende Kontakt von Forschung über Beratung zu Landwirten in alle Richtungen gestärkt werden (Lamichhane et al., 2016, S. 148 f.).

Eine Organisation, die den Austausch unter Experten in Europa und global fördert, ist EPPO, die European and Mediterranean Plant Protection Organization. Die Organisation organisiert Konferenzen, veröffentlicht Informationen, strebt harmonisierte Regelungen im Pflanzenschutz und sichere sowie effektive PS-Maßnahmen an (EPPO, o. J.).

Darüber hinaus existiert die IPPC – International Plant Protection Convention – als einzige von der WTO anerkannte Konvention zur Entwicklung von Standards in der Pflanzengesundheit. Die Organisation etabliert internationale Standards für phytosanitäre Maßnahmen zum Schutz von Kulturpflanzen und Ökosystemen (International Plant Protection Convention, o. J.).

Weitere Organisationen koordinieren die europäische Forschung zum Thema IPS und stellen so ebenfalls eine Möglichkeit des Austausches dar, wie C-IPM – Coordinated Integrated Pest Management in Europe - (C-IPM, 2024) oder SuSCrop – Cofund on Sustainable Crop Production (SusCrop - ERA-NET, o. J.).

Im Projekt „Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz“ zeigt sich durch die Anpassung vorbeugender ackerbaulicher Maßnahmen, optimierten Schaderregermonitorings und verbesserter Beratungsleistung ein Reduktionspotenzial im BI im Vergleich zu nicht teilnehmenden Betrieben in den Regionen. Das Reduktionspotenzial ist allerdings gerade im Anbetracht des enormen Aufwandes als moderat zu bezeichnen (Helbig et al., 2021, S. 88 f.).

Gleichzeitig kann im Projektzeitraum auch eine Abnahme von routinell durchgeführten PSM-Anwendungen festgestellt werden (Helbig et al., 2021, S. 91 f.).

In einem weiteren Artikel werden als Faktoren für die Annahme von IPS die persönliche Einstellung der Landwirte, die Auswirkungen der Anwendung von IPS-Technologie auf Kosteneffizienz und Risiko, der Markt und politische Instrumente genannt. Bezüglich der Einstellung der Landwirte werden Umweltbewusstsein, Innovationsfreude und Gesundheitsbewusstsein als Einflussfaktoren festgestellt. Durch IPS können Kosten eingespart werden, allerdings sind große Unterschiede durch die spezifische angewandte Maßnahme, die angebaute Kultur und lokalen Bedingungen zu erwarten.

Marktseitig wird für die Anwendung von IPS nur selten ein Aufpreis bezahlt, dennoch kann das Erreichen eines höheren Marktsegments einen Anreiz für Landwirte darstellen. Politische Instrumente können weitere Anreize sein sowie die anderen Faktoren geschickt verstärken. Beispielsweise können Steuern auf chemische PSM, Subventionierung bestimmter Praktiken und Informationsverbreitung einen Beitrag dazu leisten (Lefebvre et al., 2015, S. 42).

Im Rahmen der Demonstrationsbetriebe Integrierter Pflanzenschutz konnte festgestellt werden, dass die Pflanzenschutzkostenfreie Leistung, also die Hektarleistung einer Kultur abzüglich der dafür aufgewendeten PS-Kosten, höher ist, als die von Vergleichsbetrieben. Der größte Teil dieser Differenz lässt sich auf geringere PS-Kosten der Demonstrationsbetriebe zurückführen (Helbig et al., 2021, S. 281 f.).

Die Praxis zeigt, dass Wintergetreide vor allem im Frühjahr mit Herbiziden behandelt wird. Bei weiter Entwicklung der Begleitflora kann diese allerdings bereits im Herbst einen bekämpfungswürdigen Konkurrenzdruck verursachen. Für Wintergerste ist eine Herbstbehandlung demnach meist notwendig. Bei den später gesäten Wintergetreiden, wie beispielsweise Winterweizen, kann eine Herbstbehandlung je nach Saattermin und Entwicklung der Begleitflora, vor allem der Gräser, ebenfalls notwendig sein (Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus, o. J.).

Nach einer Behandlung im Herbst kann im Frühjahr noch eine Nachbehandlung notwendig sein (Regierungspräsidium Gießen - Dezernat Pflanzenschutzdienst, 2024).

2.1.2 Resistenzmechanismen und Resistenzentwicklung in der Herbizidanwendung

Als eine Herbizid-Resistenz wird die Fähigkeit eines Begleitflora-Biotyps verstanden, eine Herbizidanwendung zu überleben, welche ihn unter üblichen Umständen und empfohlener Wirkstoffmenge töten würde. Davon zu unterscheiden ist die Toleranz, bei welcher eine Begleitflora-Art von vorne herein die Fähigkeit besitzt die Anwendung zu überleben (HRAC, o. J.-f).

Im Laufe der natürlichen Selektion entstehen Mutationen innerhalb der Population der Begleitflora, welche Individuen eine Herbizid-Resistenz verleihen. Durch den wiederholten Herbizid-Einsatz werden diese zufällig entstandenen Resistenzen vermehrt/selektiert bis die Population der Begleitpflanzen nicht mehr durch die empfohlene Aufwandmenge des Herbizids kontrolliert werden kann (Heap, 2013, S. 1).

Allgemein können die verschiedenen Resistenzmechanismen in zwei Kategorien eingeteilt werden: „target-site resistance“, also wirkort-spezifische Resistenz und „non-target-site resistance“, also nicht-wirkortspezifische Resistenz (HRAC, o. J.-f). Bei der nicht-wirkortspezifischen Resistenz spricht man auch von metabolischer Resistenz (DLG-Ausschuss für Pflanzenschutz et al., 2018, S. 7).

Im Wesentlichen werden dabei fünf verschiedene Mechanismen der Herbizidresistenz unterschieden.

1. Wirkort-Resistenz, die durch Mutationen des Bindungsortes entstehen und das Herbizid ganz oder teilweise daran hindern zu binden. Diese Art der Resistenz tritt häufig bei ALS-Inhibitoren, ACCase-Inhibitoren, Dinitroanilinen und Triazinen auf.
2. Genamplifikation bzw. Überexpression erhöht die Produktion des Zielenzyms, was die nötige Herbizidkonzentration zur Behinderung der Enzyme am Zielort erhöht.
3. Erhöhter Metabolismus ermöglicht der Pflanze das Herbizid schneller abzubauen.
4. Eine verringerte Absorption oder Translokation behindert die Bewegung des Herbizids zum Wirkort.
5. Die Sequestration des Herbizides an Zellwände oder in Vakuolen kann ebenfalls die Herbizidkonzentration am Wirkort reduzieren (Heap, 2013, S. 1).

Die beiden erstgenannten Mechanismen können der wirkortspezifischen Resistenz zugeordnet werden, die drei letztgenannten werden der nicht-wirkortspezifischen Resistenz zugeordnet (HRAC, o. J.-f).

Das Herbicide Resistance Action Committee (HRAC) ist eine internationale Vereinigung, gegründet durch die agrochemische Industrie und hat es sich zur Aufgabe gemacht im Sinn der Nachhaltigkeit gegen Herbizidresistenzen zu kämpfen (HRAC, o. J.-b).

Das HRAC klassifiziert Herbizide bzw. ihre Wirkstoffe in „Mode of Actions“. Aktuell werden dabei 26 Gruppen unterschieden (HRAC, o. J.-d), diese sind jeweils mit Zahlen gekennzeichnet. Zur einfachen Zuordnung der einzelnen Wirkstoffe gibt es auch eine mobile Anwendung (HRAC, o. J.-a).

Wenn ein Resistenzmechanismus die Resistenz gegenüber mehrerer Herbizide aus verschiedenen Wirkstoffklassen und damit unterschiedlichen Wirkorten/ Mode of Action erzeugt, spricht man von einer Kreuzresistenz (HRAC, o. J.-f).

Meist tritt dies bei der wirkortspezifischen Resistenz auf, indem das Bindungsenzym modifiziert ist und dieses gleichzeitig Bindungsort verschiedener Herbizide ist (Heap, 2013, S. 1).

Von einer multiplen Resistenz spricht man, wenn die Begleitflora-Pflanze über verschiedene Resistenzmechanismen verfügt. Solche Biotypen sind besonders schwierig zu kontrollieren (HRAC, o. J.-f).

Laut der „International Herbicide-Resistant Weed Database“ gibt es global aktuell über 500 einzelne Fälle von herbizidresistenten Begleitpflanzen mit 273 verschiedenen Begleitflora-Arten, davon etwas mehr Dikotyle als Monokotyle. Resistenzen haben sich bereits zu 21 der 31 bekannten Wirkorte und 168 verschiedenen Herbiziden gebildet (Heap, 2025b).

Es ist allerdings davon auszugehen, dass das Auftreten von Resistenzen in vielen Regionen in der Datenbank unterrepräsentiert ist. Manche Wirkorte und Begleitflora-Arten neigen mehr zu Resistenzen als andere. Unter anderem ist dies abhängig von den Eigenschaften der Begleitflora-Art bezüglich Fitness und Fruchtbarkeit, also beispielsweise Generationszeit, Lebensdauer und Verbreitungsfähigkeit der Samen etc. Weiterhin sind die resistenzgebenden Gene entscheidend, vor allem deren Häufigkeit und Dominanz. Nicht zu unterschätzen ist der große Einfluss der Anzahl der behandelten Individuen (Heap, 2013, S. 2).

Je mehr Pflanzen vorhanden sind, desto höher ist die Chance auf eine zufällig auftretende Resistenz. Neben den Faktoren auf Seite der Begleitflora, gibt es auch einige Faktoren der landwirtschaftlichen Praxis, die das Auftreten von Resistenzen fördern und vermehren. Besonders wichtig ist dabei der häufige Einsatz von Herbiziden mit ähnlichem oder gleichen Wirkmechanismus/ Mode of Action. Aber auch der fehlende Einsatz von nicht-chemischen Alternativen der Begleitflora-Bekämpfung kann das Risiko von Resistenzen erhöhen (HRAC, o. J.-f).

Wenn ein Herbizid häufig angewendet wird (bspw. Glyphosat), besteht ein hohes Risiko der Resistenzentwicklung. Bei ALS-Inhibitoren (HRAC-Gruppe 2) treffen ebenfalls mehrere ungünstige Umstände zusammen: eine hohe Ausgangs-Mutationsrate am Ziel-Enzym, viel behandelte Fläche und Wirkung auf viele verschiedene Arten (Heap, 2013, S. 2).

Die mit Abstand meisten Resistenzen treten gegen Herbizide der HRAC-Gruppe 2 auf mit 176 resistenten Begleitflora-Arten. Gegen die HRAC-Gruppe 5 sind 86 Arten resistent. Danach folgen die HRAC-Gruppe 9, -Gruppe 1, -Gruppe 4, Gruppe 22 und Gruppe 3 (Heap, 2025a).

Einen großen ökonomischen Schaden richten vor allem Begleitflora-Arten an, welche Resistenzen gegen ALS-Inhibitoren, ACCase-Inhibitoren und Glyphosat entwickelt haben (Heap, 2013, S. 4).

Historisch gesehen entwickelten sich bei intensiv eingesetzten Wirkmechanismen kurz- bis mittelfristig Resistenzen. Erste häufigere Beobachtungen von Resistenz gab es global vor allem in zweikeimblättrigen Begleitflora-Arten in Mais gegen Triazine in den 1970er Jahren.

In Europa häuften sich Resistenzen gegen Photosystem-II-Hemmer wie IPU bei Ungräsern, nach Einführung später auch gegen ACCase- und ALS-Hemmer. In Amerika entwickelten sich durch den Einsatz Glyphosat-toleranter, genveränderter Pflanzen Begleitflora-Arten, welche gegen Glyphosat resistent waren. Durch die Kombination mit Auxin-Hemmer-Toleranz entspannte sich die Situation, doch auch hierbei werden vermutlich dann multiresistente Individuen selektiert (DLG-Ausschuss für Pflanzenschutz et al., 2018, S. 9).

Multiple Resistenzen innerhalb von Populationen treten in 109 Spezies auf. Meist liegen dabei Resistenzen gegen zwei Wirkorte vor (Heap, 2025f). Die meisten resistenten Arten liegen in den Kulturen Weizen, Mais und Reis vor (Heap, 2025d). Mit 92 resistenten Spezies sind die meisten der Familie der Poaceae (Süßgräser) zuzuordnen. Der Familie der Asteraceae (Korbblütler) entspringend sind 46 Spezies resistent gegen Herbizid. Als dritthäufigste tritt die Familie der Brassicaceae (Kreuzblütler) mit 22 Spezies auf (Heap, 2025c). Gemeinsam mit den Cyperaceae (Sauergrasgewächse) und Amaranthaceae (Fuchsschwanzgewächse) sind die zuvor genannten Pflanzenfamilien für etwa 70 % aller auftretenden Resistenzfälle verantwortlich (Heap, 2025e).

Arten, die gegen besonders viele Wirkorte resistent sind, sind unter anderem *Lolium rigidum* (Steifes Weidelgras), *Poa annua* (Einjähriges Rispengras), *Amaranthus palmeri*, *Echinochloa crus-galli* (Hühnerhirse), *Eleusine indica* (Indische Fingerhirse) und *Lolium perenne* ssp. *multiflorum* (Italienisches Raygras) (Heap, 2025g).

Lolium rigidum weist eine hohe genetische Variabilität auf und entwickelt rasch Resistenzen gegen verschiedene Herbizide. Dadurch weist es auch häufig multiple Resistenzen sowie Kreuzresistenzen auf (Heap, 2013, S. 4 f.).

In Deutschland ist besonders bei den Ungräsern Acker-Fuchsschwanz und Gemeiner Windhalm eine Vielzahl resistenter Populationen gegen verschiedene Wirkmechanismen entwickelt worden. Acker-Fuchsschwanz entwickelte bereits sehr zeitig Resistenz aufgrund der selektiven Bekämpfung mit Photosystem-II-Hemmern wie Chlortoluron und später Isoproturon (HRAC-Gruppe 5 (HRAC, o. J.-d)). Bereits zügig nach der Einführung wurden Kreuzresistenzen gegen ACCase-Hemmer gefunden (HRAC-Gruppe 1 (HRAC, o. J.-d)). Ähnlich ging es mit den danach eingeführten ALS-Hemmern (HRAC-Gruppe 2 (HRAC, o. J.-d)). Auch gegen Flufenacet (HRAC-Gruppe 15) und Pendimethalin (HRAC-Gruppe 3 (HRAC, o. J.-d)) werden Resistenzen beobachtet. Besonders alarmierend ist hierbei die steigende Anzahl multipler Resistenzen (DLG-Ausschuss für Pflanzenschutz et al., 2018, S. 10 f.).

In einer Untersuchung aus Dänemark wurde bei Acker-Fuchsschwanz bei diversen Populationen eine nicht-wirkortspezifische Resistenz festgestellt, häufig zusätzlich zu einer wirkortspezifischen-Resistenz (Keshtkar et al., 2015).

Auch bei zweikeimblättrigen Arten treten Resistenzen gegen die genannten Wirkmechanismen auf, vor allem gegen ALS-Hemmer. Bei den Zweikeimblättrigen ist die Entwicklung im Vergleich zu den Einkeimblättrigen noch verzögert (DLG-Ausschuss für Pflanzenschutz et al., 2018, S. 11).

Breitblättrige Begleitflora hat meist eine wirkortspezifische Resistenz, während bei Gräsern häufig die metabolische Resistenz auftritt. Besonders durch geringe Aufwandmengen oder ungünstigen Anwendungsbedingungen kann das Wirkungspotential des eingesetzten Herbizids stark vermindert werden. Dadurch können die widerstandsfähigeren Pflanzen überleben und sich vermehren, was die metabolische Resistenz fördert (DLG-Ausschuss für Pflanzenschutz et al., 2018, S. 8).

Um die Entwicklung von Resistenzen zu verzögern sollte Resistenz-Management betrieben werden. Dies zielt darauf ab die Bedingungen für die Begleitflora möglichst instabil zu gestalten, sodass sich der natürlich Vorgang der Resistenzbildung verlangsamt (Heap, 2013, S. 7).

Denn Resistenzen entstehen vor allem durch zu häufige und einseitige Entwicklung von Herbiziden in engen Fruchtfolgen. Durch die nur geringe Menge an Herbiziden mit verschiedenen Wirkmechanismen verschärft sich das Problem zunehmend. Herbizide mit neuen Wirkmechanismen zu entwickeln, welche gleichzeitig keine negativen Auswirkungen auf die Kulturpflanze haben und eine hohe Umweltverträglichkeit aufweisen, ist sehr aufwendig und kostenintensiv. Global dominieren herbizidresistente, genveränderte Kulturpflanzen. Damit sich die Entwicklung neuer Wirkmechanismen allerdings lohnt, muss ein Herbizid in möglichst vielen Kulturen eingesetzt werden können. Dafür ist der vergleichsweise kleine europäische Markt mit seinen zusätzlich sehr anspruchsvollen Anforderungen für Registrierung wenig attraktiv (DLG-Ausschuss für Pflanzenschutz et al., 2018, S. 5 ff.).

Ein Beispiel des immer enger werdenden Marktes an zugelassenen Herbiziden ist der Wirkstoff Flufenacet, welcher ab Ende des Jahres 2026 nicht mehr verwendet werden darf, da die Genehmigung nicht erneuert wurde (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2025).

Der Wirkstoff ist der HRAC-Gruppe 15 zuzuschreiben (HRAC, o. J.-d). Diese gehört zu den Gruppen mit vergleichsweise vielen vorhandenen Wirkstoffen (Heap, 2025h). Mit nur zehn aufgeführten resistenten Arten in der International Herbicide-Resistant Weed Database ist die Gruppe eine mit vergleichsweise wenigen Resistenzfällen (Heap, o. J.).

Als Maßnahmen des Resistenz-Managements gilt der Wechsel von Wirkmechanismen, wobei sich allerdings nicht Wirkort-spezifische Resistenzen weiterentwickeln können. Weiterhin kann es helfen Herbizid-Mischungen anzuwenden, wobei allerdings jeweils beide Herbizide gegen die resistenzgefährdete Art wirken müssen. Dadurch können sich die Kosten für den Anbauer erhöhen. Außerdem können herbizidresistente Kulturpflanzen ein Baustein sein, indem ältere Herbizide wieder auf neue Art angewendet werden können. Allgemein sollten verschiedene Arten der Begleitflora-Bekämpfung im Rahmen des Integrierten Pflanzenschutzes eingesetzt werden, um die Begleitflora-Populationen zu destabilisieren (Heap, 2013, S. 7 f.).

Besondere Bedeutung kommt einer abwechslungsreichen Fruchtfolge mit wechselnden Sommer- und Winterfrüchten sowie Blatt- und Halmfrüchten. Ziel ist es dabei eine vielfältige Begleitflora zu erzeugen, die nicht von einzelnen Arten dominiert wird. Dazu müssen Kulturen die bestimmte Arten fördern, wie beispielsweise Wintergetreide den Acker-Fuchschwanz, begrenzt werden. Auch eine wendende Bodenbearbeitung kann die Auflauftrate von Samen beinträchtigen. Getreidesorten mit einem starken Blattapparat und dichtem Wurzelwerk weisen eine stärkere Konkurrenzkraft auf, als Sorten mit einem geringen Blatt-Korn-Verhältnis. Ein verzögerter Aussattermin von Winterweizen, kombiniert mit einem falschen Saatbett und anschließender Bekämpfung der Begleitflora vor der Saat, reduziert den Besatz mit Begleitflora zusätzlich (DLG-Ausschuss für Pflanzenschutz et al., 2018, S. 12 ff.).

Bei der Verwendung von Herbiziden sollte die Gebrauchsanweisung befolgt werden, dazu gehören Angaben zu Aufwandmenge, Einsatzzeitpunkt und technischen Voraussetzungen. Weiterhin sollte die Herbizidanwendung auf die vorkommenden Begleitflora-Arten und -dichten zugeschnitten sein sowie ökonomische Schwellenwerte miteinbezogen werden. Ergebnisse der Behandlung sollten dokumentiert werden, auch um mögliche Veränderung in der Wirkung feststellen zu können (HRAC, o. J.-c).

Hohe Aufwandmengen selektieren zügig auf wirkortspezifische Resistenzen. Niedrige Aufwandmengen können diese Entwicklung zwar verzögern, treiben allerdings eine andere Art der Resistenzentwicklung voran. Sehr niedrige Aufwandmengen von Herbiziden, bei denen die Individuen überleben, können diese durch den verursachten Stress zu einer erhöhten Mutationsrate antreiben. Durch diese Mutation steigt die Wahrscheinlichkeit einer multifaktoriellen Resistenz, bei der immer höhere Wirkstoffmengen überlebt werden können. (Gressel, 2010).

Die Annahme, dass durch geringe Aufwandsmengen Resistenzen grundsätzlich gefördert werden ist nicht gänzlich korrekt. Die Hypothese lautet, dass die am wenigsten empfindlichen Individuen überleben und so das Resistenzniveau der Population immer weiter ansteigt. Dieses Szenario ist allerdings nur dann zutreffend, wenn die Aufwandsmengen keine ausreichende Wirkung erzielen, was nicht generell zutrifft (Kudsk, 2014).

Eine mögliche Lösung ist das wechselnde Anwenden von hohen und niedrigen Aufwandsmengen um das Auftreten von Resistenzen zu verzögern und weder die quantitative Resistenz durch niedrige Aufwandsmengen, noch die monogene Resistenz besonders gefördert wird (Gardner et al., 2000).

Auch der Einbau von Abgrasen durch Vieh (Lehnhoff et al., 2019), der Anbau von Zwischenfrüchten, Deckfrüchten oder einer Mulchauflage kann die Bekämpfung von Begleitflora verbessern. Dabei können auch allelopathische Eigenschaften verschiedener Arten gezielt zum Einsatz kommen (Scavo & Mauromicale, 2021).

Insgesamt kann festgehalten werden, dass eine Anti-Resistenzstrategie trotz Mehrkosten mittelfristig günstiger ist, als die Entstehung von Resistenzen mit den Folgen wie geringeren Erträgen und höhere Kosten der Bekämpfung der Begleitflora (DLG-Ausschuss für Pflanzenschutz et al., 2018, S. 17; Gerhards et al., 2016).

Gerade in den ersten Jahren der Entwicklung und Verbreitung einer Resistenz einer Population ist es schwer diese zu entdecken, da der Anteil der resistenten Individuen noch gering ist und Wirkungsausfälle fälschlicherweise für Probleme bei der Anwendung gehalten werden können. Häufig wird erst ab etwa 30-40% resistente Individuen einer Population die Frage nach einer Resistenz aufkommen (HRAC, o. J.-e).

Die Entwicklung der Zahl resistenter Pflanzen in der Population nimmt nicht linear, sondern eher logarithmisch zu. In den ersten Jahren ist die Anzahl eher gering, dann folgt ein sprunghafter Anstieg (DLG-Ausschuss für Pflanzenschutz et al., 2018, S. 9).

Dabei spricht man in den ersten Jahren von der „lag phase“, also einer verzögerten Entwicklung und im Anschluss von der exponentiellen Phase mit schnellem Anstieg (HRAC, o. J.-e).

Wenn der Verdacht auf eine Resistenz besteht sollten Samen von betreffenden Pflanzen gesammelt und an ein Labor gesendet werden, welches den Resistenzstatus überprüft. Wenn daraufhin eine Resistenz festgestellt wird, muss zügig reagiert werden und eine Mischung aus verschiedenen Bekämpfungsmaßnahmen angewendet werden. Dazu gehören neben chemischer Bekämpfung auch mechanische Bekämpfung jeglicher Art um zu verhindern, dass die resistenten Individuen erneut aussamen.

Weiterhin kann ein veränderter Saatzeitpunkt, eine konkurrenzstarke Kultur, das Verwenden von zertifiziertem Saatgut und das Sauberhalten von Maschinen zur Verhinderung von Verschleppung bei der Bekämpfung unterstützen (HRAC, o. J.-c).

2.2 Programm „InnoHerb“

Folgend wird beschrieben, wie das Programm IH funktioniert, mit welchen Daten es arbeitet und welche Ziele es damit erreichen möchte. Im Anschluss werden Ergebnisse aus Versuchen mit IH vorgestellt und abschließend die aktuellen Entwicklungen zum Programm aufgeführt.

2.2.1 Funktionsweise und Ziele des Programms

Mithilfe von Entscheidungshilfeprogrammen, wie InnoHerb kann die Einsparung von PSM, hier in Form von Herbiziden, erreicht werden, ohne besondere Investitionen tätigen zu müssen (Bückmann & Verschwele, 2024).

Das vorhandenen Wissen über Wirkungspotentiale von Herbiziden aus wissenschaftlichen Daten kann mit diesem digitalen Tool angewendet werden. So können unter günstigen Bedingungen Aufwandmengen ohne Einbußen bei der Wirksamkeit reduziert werden. Dies bedeutet eine Steigerung der Effizienz im Herbizideinsatz in den flächenstärksten Ackerbaukulturen Deutschlands – Mais und Getreide. Dadurch können sowohl ökologisch, als auch ökonomisch Potentiale ausgeschöpft werden. Durch die Anpassung der Bekämpfung an die standortspezifische Verunkrautung wird das Schadschwellen-Konzept umgesetzt (Julius Kühn-Institut, o. J.-b).

Abhängig vom verwendeten Herbizid und zu bekämpfenden Unkraut sind Faktoren wie Wetter und Wachstumsstadium von Kultur und Begleitflora unterschiedlich wichtig. Aufgrund dieser vielschichtigen Aspekte sind Entscheidungen bei der Bekämpfung von Begleitflora sehr komplex, wobei Programme helfen können (Sønderskov et al., 2015).

Dabei wird eine Art modifiziertes Schadschwellenkonzept angewendet: die Zielwirksamkeit. Diese Zielwirksamkeiten steigen mit dem Konkurrenzdruck, welcher wiederum von der Art und Dichte der Unkräuter abhängig ist (A. Verschwele, 2022, S. 11).

Gleichzeitig unterstützt das Programm bei der Einhaltung des notwendigen Maßes im Sinne des IPS. Eine geringe Verunkrautung muss nicht vollständig bekämpft werden. Feldversuche bestätigen, dass eine Reduzierung von Herbiziden um etwa 35% nicht mit Ertragsminderungen einhergehen müssen (Julius Kühn-Institut, o. J.-b). Restverunkrautung muss nicht zwingend mit einem geringerem Ertrag einhergehen, sofern keine sehr konkurrenzstarken Arten vorhanden sind (Sønderskov et al., 2015).

Beispielsweise kann eine Wirksamkeit von 80% oder weniger ausreichen, wenn nur vereinzelt nicht weit entwickelte Vertreter des Acker-Stiefmütterchens oder des Persischen Ehrenpreis zu finden sind. Ein überhöhtes Sicherheitsbedenken ist bei manchen Unkräutern, wie Ehrenpreis betriebswirtschaftlich nicht angebracht. Die Wirkung kann durch Erhöhung der Herbiziddosis zwar verbessert werden, allerdings steht dem nicht immer ein monetärer Nutzen entgegen. Nur im Fall einer sehr starken Verunkrautung, welche eine Konkurrenz für die Kulturpflanze darstellt, wie beispielsweise Arten wie den Ackerfuchsschwanz oder andere resistenzgefährdete Arten, berechnet die Vorgängervariante IHs – IPMweise – Zielwirksamkeiten von 98%. Die errechneten Bekämpfungsziele können weiterhin vom Anwender nach eigenem Empfinden nach oben und unten angepasst werden (D. A. Verschwele & Bückmann, 2021, S. 55).

Basis der Empfehlungen sind Dosis-Wirkungsbeziehungen, welche für viele Unkrautarten und Herbizide in Versuchen ermittelt worden sind (A. Verschwele, 2022, S. 11). An dieser Stelle nutzt man die Tatsache, dass Aufwandmenge und Wirkungsgrad nicht zwangsläufig korrelieren. Das Ziel sind hohe Wirkungsgrade, um hohe Variabilität in der Bekämpfungsleistung vermeiden zu können. Bei Betrachten der Dosis-Wirkungsbeziehung wird klar, dass Veränderungen der Aufwandmengen im sehr geringen und sehr hohen Bereich nur geringe Auswirkungen auf den Wirkungsgrad haben. Im linearen Bereich der Kurve hingegen sind die Auswirkungen sehr groß (Kudsk, 2014, S. 38 f.).

Für die Wirkpotentiale wurden dann Algorithmen erstellt. Um das Programm zu validieren wurden zahlreiche Versuche durchgeführt, in denen festgestellt werden sollte, ob die Wirksamkeit ausreicht und ob das Programm seine kalkulierten Ziel-Wirkungsgrade erreicht (A. Verschwele, 2022, S. 11 f.).

Daten zu Wirkung und Zulassung werden kontinuierlich ins Programm eingepflegt. Dies ist auch notwendig um die Wirkung des Programms zu erhalten (Julius Kühn-Institut, o. J.-b). Das Programm IH soll eine praktikable und sichere Entscheidungshilfe sein und kann auch bei Resistenzproblemen die Planung von beispielsweise Beratung unterstützen. Außerdem kann das Programm zur Unterstützung der Mehrzahl an Grundsätzen des Integrierten Pflanzenschutzes beitragen. Dazu gehören die Überwachung der Schaderreger, die Entscheidungsfindung unter Einbeziehung von Schwellenwerten, die möglichst zielartenspezifische Anwendung von chemischen PSM, das Einhalten des notwendigen Maßes, die Anwendung von Resistenz-Vermeidungsstrategien und die Erfolgskontrolle der PS-Maßnahmen. Die Bekämpfungswürdigkeit der Arten bzw. Zielwirksamkeit hängt von der Art und Dichte der Unkräuter ab.

Die Auswahl der Mittel und Aufwandmenge wird unter Einbeziehung der Bedingungen, wie Feuchtigkeit, Witterung und Unkrautgröße bestimmt (Julius Kühn-Institut, o. J.-f).

Die Vorgängerversion IPMwise kann bereits sicher klären ob und in welchem Maß eine Nachbehandlung nötig ist (D. A. Verschwele & Bückmann, 2021, S. 55).

InnoHerb ist die deutsche Version des internationalen IPMwise und wurde von dänischen Programmieren betreut (Julius Kühn-Institut, o. J.-d). Innoherb basiert auf einem dänischen Verfahren (Pehl, 2025).

Der Prototyp des Programms - IPMwise - wurde ursprünglich von der dänischen Beratungsfirma IPM-Consult entwickelt und anschließend an die Anbau- und Zulassungsbedingungen in Deutschland angepasst (D. A. Verschwele & Bückmann, 2021, S. 54).

IPMwise resultierte 2016 aus politischen Bemühungen in Dänemark sich von PSM unabhängiger zu machen. Dazu wurden in den 1980er bis 2000er Jahren national geförderte Forschungsprojekte abgehalten, wobei unter anderem das DSS (decision support system) IPMwise entstand. Grundidee des Programmes war es die Grundannahmen auszunutzen, dass das Auftreten von Begleitflora zeitlich und räumlich unterschiedlich ist und dass Begleitflora unterschiedlich bekämpfungswürdig und bekämpfbar mit Herbiziden ist. Durch Optimierung sollten erhebliche Einsparungen im Herbizidaufwand ohne größere Nachteile realisiert werden, da etablierte Bekämpfungsmethoden oft übermäßig intensiv sind, um eine breite Masse an Begleitflora erfolgreich bekämpfen zu können. Dabei spielen auch einige Umweltfaktoren wie Temperatur und Trockenheit eine Rolle (Montull et al., 2020). Im Hintergrund des Programms laufen diverse Berechnung ab. Zuerst wird die Notwendigkeit von Unkrautbekämpfung mittels dem Zusammenhang zwischen der Dichte bestimmter Unkrautarten und dem Zielwirkungsgrad bestimmt. Gleichzeitig werden Schwellenwerte von Unkrautdichten eingesetzt, welche erreicht werden müssen, dass Zielwirksamkeiten über null ausgegeben werden. Um den gewünschten Zielwirkungsgrad zu erreichen, wird eine weitere Berechnung (Montull et al., 2020) verwendet, welche den Zusammenhang zwischen Aufwandmenge des jeweiligen Herbizids und dem Wirkungsgrad der Bekämpfung der Begleitflora ausgibt. Dabei werden verschiedene Datenquellen verwendet, unter anderem von Herstellern der Herbizide, aus dem Zulassungsverfahren, aus Feldversuchen oder durch Expertenmeinungen. Dabei werden jeweils auch Sicherheitspuffer eingebaut. Die berechneten Herbizid-Aufwandmengen werden dann in einem „Additive Dose Model“ (Streibig et al., 1998) mithilfe der Linearen Optimierung so kombiniert, dass Tankmischungen mit möglichst geringem BI und Kosten bestimmt werden können. IPMwise berücksichtigt auch die Resistenzproblematik.

Es wird sowohl auf die Kontrolle bereits resistenter Biotypen, als auch auf das Herauszögern neuer Resistenzentwicklung geachtet. Bei den bereits resistenten Biotypen wird mithilfe von hohen Zielwirksamkeiten und dem Vermeiden von Herbiziden mit geringem Wirkungsgrad gegen den Biotyp, trotz voller Aufwandmenge, Resistenzmanagement betrieben. Weiterhin werden in einem Hinweistext besonders resistenzgefährdete MoAs (Mode of Action) genannt mit der Empfehlung diese nur maximal jede zweite Unkrautgeneration zu nutzen. Die Herbizide werden auch jeweils mit ihrem MoA beschrieben. Außerdem gibt es die Möglichkeit verschiedene Optionen zu wählen, darunter bestimmte MoA nur auszuschließen, wenn sie alleine verwendet werden oder MoA nur auszuschließen, wenn die zu bekämpfende Unkrautart empfindsam gegenüber Resistenzentwicklung ist. Seit den 2000ern begann man mit dem Versuch das DSS auch in andere Länder zu übertragen. Dazu mussten erhebliche Anpassungen geschehen um die nationalen Bedingungen in Norwegen, Deutschland und Spanien zu bedienen. In manchen Varianten von IPMwise ist auch eine Empfehlung für bestimmte mechanische Bekämpfung eingepflegt (Rydahl, M Bojer, et al., 2022, S. 1–5). Bereits 2008 gab es in sieben europäischen Ländern 9 verschiedene DSS in unterschiedlichem Entwicklungsstadium, mit unterschiedlichen Stärken und Schwächen (Rydahl et al., 2008).

In Deutschland wurde mit amtlichen Diensten in verschiedenen Bundesländern Versuche in Mais und Winterweizen durchgeführt, um die deutsche Version von IPMwise zu validieren und das Programm zu optimieren (Bückmann et al., 2020, S. 230 f.).

2.2.2 Ergebnisse zu InnoHerb und ähnlichen Programmen

Laut Bückmann et al. o.J. konnte InnoHerb im Mittel aller Versuche die Wirkung einer betriebsüblichen Variante nicht erreichen. Die Wirkung lag bei Weizen bei der InnoHerb-Variante bei 86% und bei der betriebsüblichen Variante bei 90%. Bei Mais lag die Wirkung der InnoHerb-Variante bei 92%, bei der betriebsüblichen Variante war die Wirkung 97%. Allerdings konnte der BI bei Weizen und Mais bei der InnoHerb-Variante gegenüber der betriebsüblichen Variante gesenkt werden. Bei Weizen wurde der BI von 1,36 der betriebsüblichen Variante auf 0,95 bei der InnoHerb-Variante gesenkt. Bei Mais konnte der BI von 1,94 auf 1,2 reduziert werden. Auch die Kosten waren bei den IH-Varianten geringer, als bei den betriebsüblichen Varianten. Im Durchschnitt kostete die betriebsübliche Variante bei Weizen fast 36€ und die IH-Variante nur fast 29€. Bei Mais kostete die betriebsübliche Variante im Mittel fast 82€ und die IH-Variante 51€ (Bückmann et al., o. J.).

In Bayern wurden in den Jahren 2022-2024 ein Versuch mit verschiedenen Herbizid-Behandlungsvarianten in Winterweizen im Frühjahr durchgeführt. Dabei war eine Variante eine durch InnoHerb vorgegebene Herbizidvariante sowie verschiedene „besonders umweltverträgliche“ (UV) Behandlungsvarianten. Bei den besonders UV-Varianten wurden keine EU-Substitutionskandidaten verwendet, Wirkstoffe ausgewählt, die vergleichsweise wenig Umweltauflagen, wie Abstandsauflagen, vorschreiben. Außerdem wurde ein BI von unter 1 angestrebt. Es zeigte sich, dass die auftretenden Leitunkräuter Ehrenpreis-Arten, und Acker-Stiefmütterchen, aber auch Taubnessel mit den UV-Varianten nicht sicher bekämpfen lassen. Bei besonders starker Aufwandmengenreduzierung ließ sich auch Kletten-Labkraut nicht mehr sicher kontrollieren. Die IH-Variante zeigt sich im Versuch als fast so wirkungsstark, wie die sichere Vergleichsvariante. Einzig bei den Ehrenpreis-Arten kann das Wirkungsniveau durch IH nicht erreicht werden. Allerdings führte die schlechte Ehrenpreis-Wirkung im Versuch zu keinen Ertragsminderungen, da die ertragsrelevanteren Unkrautarten Vogel-miere und Kletten-Labkraut ausreichend bekämpft wurden. Aus den Versuchsergebnissen ergibt sich auch, dass eine unkrautspezifische Wirkstoffauswahl vielversprechender scheint, als eine pauschale Reduktion der Aufwandmengen von Breitband-Wirkstoffen (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2025, S. 9 f.).

In einem Versuch aus Thüringen in 2024 in Mais zeigte IH gute Wirkungsgrade, nur gegen Windenknöterich war die empfohlene Anwendung nahezu wirkungslos (Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum, 2025, S. 29 f.).

In Feldversuchen zum Vorgängermodell IPMwise konnten die Kosten und die Aufwandmengen durch das Programm durchschnittlich um 47% gesenkt werden. Teilweise war die Einsparung ggü. der regionalen Standardvariante sogar bei 80%, ohne dass signifikante Wirkungsverluste auftraten. Auch wenn die Bekämpfungserfolge etwas geringer, als in der betriebsüblichen Variante waren, erreichten sie mindestens ein ausreichendes Niveau. Der BI konnte in den Versuchsjahren 2017 und 2018 ggü. der Standardvariante deutlich gesenkt werden. Dabei wurde im Versuch auch festgestellt, dass es keine enge Korrelation zwischen BI und Wirksamkeit gibt (D. A. Verschwele & Bückmann, 2021, S. 56 f.).

Das Programm IPMwise wurde in den Jahren 2017 und 2018 in Winterweizen und Mais mit Feldversuchen getestet. Die IPMwise-Behandlungsvariante wies durchschnittlich etwas geringere Wirkungsgrade, als die lokale Standardbehandlung auf. In Winterweizen war der Wirkungsgrad der IPMwise-Variante bei 86% und der der lokalen Standardvariante bei 93%. In Mais waren die entsprechenden Wirkungsgrade 92% und 99%. Der BI konnte deutlich verringert werden, was auch zu entsprechenden Kosteneinsparungen führt.

In Winterweizen konnte der BI von 1,6 auf 1,1 reduziert werden, in Mais von 1,7 auf 1,2. Bei der Kostenersparnis waren in Winterweizen 32% Ersparnis und in Mais 44% realisierbar. Es zeigte sich, dass auch mit einem geringen BI und damit Aufwandsmengen dennoch ein hoher Wirkungsgrad erreicht werden kann. In Einzelfällen traten jedoch bei sehr gering berechneten Aufwandsmengen auch Wirkungsausfälle auf. Grundsätzlich zeigte sich auch, dass die BI der IPMwise-Variante nicht immer deutlich niedriger sind, als die der Standardvariante, da die Vorschläge auf der Verunkrautung basieren. Weiterhin wurden die Wirkungsziele für einzelne Begleitflora-Arten überprüft, wobei festgestellt wurde, dass diese durchweg erreicht und häufig sogar übertroffen wurden. Ausschließlich bei einem fälschlicherweise als sensitiv eingestuften Ackerfuchsschwanz konnte die Zielwirkung nicht erreicht werden. Niedrige Wirkungsgrade sind auch nicht immer auf die Berechnung durch das Programm zurückzuführen, sondern auch durch fehlerhafte Bedienung, nicht standortangepasste Auswahl des Bekämpfungsvorschlags, unvorhersehbare Witterungsverläufe oder zu frühe Wirkungsbonitur. (Bückmann et al., 2020).

Weitere Aussagen zum IPMwise geben an, dass in Feldversuchen eine Einsparung von 20-50% bei Kosten und Behandlungshäufigkeit erreicht werden konnten im Vergleich zu einer regional bewährten Variante. Allerdings wurde vor allem die manuelle Bonitur der Eingabewerte als Hemmnis der weiteren Ausbreitung des Programms erkannt (Rydahl, M Bojer, et al., 2022, S. 2).

Zwischen 1989 und 2006 wurden in Dänemark über 2000 Feldversuche in verschiedenen Kulturen wie Getreide, Mais, Zuckerrübe und Erbse zu einer Vorversion von IPMwise – Crop Protection Online- getätigt. Dabei wurde IPMwise mit einer Standardversion verglichen. Dabei konnte festgestellt werden, dass bei Einhalten einer gewissen Robustheit, geringe Restverunkrautung zur Ernte und kein Ertragsverlust, das Herbizid in der Menge um mindestens 40% reduziert werden konnte. Das wirkt sich etwa in gleichem Maß auf den BI aus. Aspekte, die die Einsparung, aufgrund eines höheren Bedarfs an Herbiziden, beschränken können sind frühere Saaten von Winterkulturen, ein erhöhter Anteil von Wintergetreide in der Fruchtfolge und reduzierte Bodenbearbeitung mit folgender Ungras-Problematik. Weiterhin schränkt die Durchführung der Feldversuchung die Übertragbarkeit auf praxistaugliche Feldbedingungen beispielsweise durch weniger vorkommende Begleitflora-Arten ein. Mögliche ökonomische Einsparungen werden unter Umständen durch die gestiegenen Ansprüche an Zeit und Management untergraben. Auch bei dieser Untersuchung stellte sich heraus, dass besonders die Bonitur der Begleitflora ein Hindernis darstellt.

In einer Umfrage innerhalb der Untersuchung gaben 75% der Landwirte, die Crop Protection Online kannten, an, dass sie keine Zeit für diese spezifische Bonitur hätten und die Nutzung des Systems nicht zur Art der Entscheidungsfindung passt. Die Mehrheit der Landwirte, die das Programm nicht kannten, gaben an lieber mit ihren lokalen Beratern, statt mit einem solchen System arbeiten wollen würden. Allerdings zeigte sich in weiterführenden Versuchen, dass das Programm auch bei einer ungenaueren Bonitur, mit Schätz- oder Erinnerungswerten, funktioniert, auch wenn dann die Herbizid-Aufwandmenge etwas erhöht war. Ein weiteres Ergebnis war, dass Landwirte Risiken bei der Senkung der Aufwandmenge überschätzen, großen Wert darauf legen, dass ihre Arbeitsabläufe nicht gestört werden und dass sie keine negativen optischen Effekte in Kauf nehmen wollen. Diese und andere Gründe waren zu diesem Zeitpunkt verantwortlich, dass nur etwa 3% der Landwirte das Programm einsetzten (Jørgensen et al., 2007, S. 15–19).

In einer norwegischen Untersuchung konnte ein Prototyp der norwegischen IPMwise-Variante in Feldversuchen in Sommergetreide im Vergleich zur Standardvariante 38% an Herbizidkosten einsparen ohne einen Ertragsverlust zu verursachen. Dabei wurde zum Erntezeitpunkt eine Unkrautbedeckung von 6% festgestellt (Netland et al., 2005).

Allgemein lässt sich sagen, dass IPMwise und seine Prototypen in verschiedenen Ländern bei gleichbleibendem Ertrag und akzeptabler Restverunkrautung zur Ernte, Herbizide von etwa 30 bis über 60% reduzieren können. In Diskussionen über Risiken von niedrigen Herbizid-Aufwandmengen konnte herauskristallisiert werden, dass weniger auf die Aufwandmengen, als auf die Wirkungsgrade geachtet werden sollte (Rydahl, M Bojer, et al., 2022, S. 12).

In anderen Veröffentlichungen wird von Einsparungen von etwa 30-40% gesprochen. Dabei wird sich auf Versuche aus fünf Ländern und deren jeweiliges Modell von IPMwise bezogen (Rydahl, Helps, et al., 2022, S. 3).

Das dänische Programm „Crop Protection Online“ und seine Vorgänger wurden in über 1000 Versuchen überprüft, wobei sich zeigte, dass die Bekämpfung von Begleitflora zufriedenstellend waren und keine Ertragseinbußen zu verzeichnen waren (Kudsk, 2007).

Seit 1989 wurden in Dänemark mehr als 2000 Versuche zur Untersuchung von verschiedenen Prototypen an DSS durchgeführt. Nach zwei Jahren Erfüllung der Anforderungen von keinem Ertragsverlust und maximaler Bedeckung mit Begleitflora von 10-15% zur Ernte wurden die Versionen jeweils veröffentlicht (Rydahl, Helps, et al., 2022, S. 9).

In den Jahren 2011 und 2012 wurde das auf dem dänischen Crop Protection Online basierende Programm DSSHerbicide in Mecklenburg-Vorpommern getestet und auf deutsche Verhältnisse angepasst. Dabei konnte im Vergleich zur Standardvariante weder in den Herbizidkosten, noch im BI oder im Weizenерtrag ein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Die Restverunkrautung war im Mittel bei der DSSHerbicide-Variante signifikant höher. Eine höhere Korrelation zwischen der Unkrautdicke und den Herbizidkosten bei der DSS-Variante lässt auf eine auf die Verunkrautung angepasste Anwendungsempfehlung schließen. Dieses Programm arbeitete allerdings noch mit einer stark begrenzten Anzahl an PSM (Mol et al., 2014).

In einem Versuch in Bayern wurde untersucht, wie sich eine pauschale Halbierung der Aufwandmengen von Herbiziden in Mais, Wintergetreide und Sommergerste auswirkt. Die mittlere Leitunkrautwirkung konnte mit unter 84% als unzureichend eingestuft werden. Besonders bei hohen Besatzdichten und schwer regulierbaren Arten ist die Bekämpfungsleistung eingebrochen. Bei der Ertragsabsicherung in Winterweizen und Sommergerste zeigte sich zwischen den beiden Varianten kein signifikanter Unterschied (Gehring & Thyssen, 2023).

2.2.3 aktuelle Entwicklung und Alternativen

Weitere Entwicklungen scheinen in Planung zu sein bzw. gewesen zu sein. Dazu gehört eine Tablet- und Smartphoneversion des Programms, die Ergänzung um weitere Ackerkulturen, die Verknüpfung mit digitalen Unkrautererkennungssystemen und die Kombination mit Farm-Management-Systemen (Bückmann et al., o. J.).

Weiterhin sollte es Entwicklungen bezüglich einer digitale Bildererkennung von Unkrautarten sowie von Teilflächen-Applikation geben. Darüber hinaus sollten die Ausgabe-Empfehlungen ökotoxikologisches Verhalten der Wirkstoffe sowie Biodiversität und Artenschutz berücksichtigen (A. Verschwele, 2022, S. 19).

Das von der Landwirtschaftlichen Rentenbank geförderte Forschungsprojekt zum Programm IH war für den Zeitraum 2021 bis 2024 geplant (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, o. J.-b). Ziel des Projekts war, den Programm-Prototyp zu einem marktreifen und sicheren Instrument zu entwickeln. Dieses Programm sollte im Anschluss gebührenpflichtig über die Internetseite des Projektpartners ISIP verfügbar sein sowie kontinuierlich durch das JKI und ISIP betreut und aktualisiert werden (Julius Kühn-Institut, 2021).

Bis Ende des Jahres 2024 konnte das Programm kostenfrei über das Informationssystem Integrierte Pflanzenproduktion (ISIP) abgerufen werden. Seit Anfang des Jahres 2025 ist das Programm IH online nicht mehr zugreifbar und wird derzeit nicht weiter unterstützt (Julius Kühn-Institut, o. J.-e).

Das Programm erfüllt allerdings nach Aussagen der Projektpartner die Anforderungen der „Ackerbaustrategie 2035“ und des „Zukunftsprogramms Pflanzenschutz“ (Julius Kühn-Institut, o. J.-c).

Im Rahmen des „Zukunftsprogramms Pflanzenschutz“ sollen Prognosemodelle und Entscheidungshilfen als ein Mittel um PSM zu reduzieren weiterentwickelt und gefördert werden. Ebenso soll der Zugang zu diesen verbessert sowie diesbezüglich der Wissenstransfer intensiviert werden (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, o. J.-b, S. 8). Auch die „Ackerbaustrategie 2035“ sieht die Entwicklung und Aktualisierung von Entscheidungshilfen als eine wichtige Maßnahme zur Einhaltung des notwendigen Maßes und Stärkung des IPS (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 2021, S. 28 f.).

Mit InnoHerb soll eine solche wissenschaftlich fundierte, praxis- und marktreife digitale Lösung zur Verfügung stehen. Allerdings kann das Programm seine volle Leistung nur dann zeigen, wenn es ständig aktuell gehalten wird. Dazu zählt neben der fachlichen Aktualisierung der Wirkungs- und Zulassungsdaten auch die technische Bereitstellung (Julius Kühn-Institut, o. J.-b).

Laut Franziska Kersten- SPD-Bundestagsabgeordnete und Leiterin der Verhandlungsführung der Themenbereiche Umwelt und Landwirtschaft im Koalitionsvertrag hätte das Programm InnoHerb die ersten vier Jahre lang 150.000 € jährlich gekostet, damit Landwirte die Lizenz langfristig nutzen können. Doch scheinbar haben weder der Bund noch die Länder dieses Geld aufgebracht (Pehl, 2025).

In Zukunft sollten Landwirte intensiver in den Prozess der Forschung und Entwicklung von DSS einbezogen werden, damit die Programm genau auf die Bedürfnisse der Landwirte angepasst werden und diese die entsprechenden Programme auch kennenlernen. Weitere Forschung ist auch im Bereich der Wirksamkeit bei unterschiedlichen Klima- und Bodenbedingungen notwendig. Wenn die Programme noch um weitere Eigenschaften erweitert werden wie beispielsweise Integration von Klimamodellen oder Precision-Farming-Aspekten, kann es der Landwirtschaft helfen weiter in Richtung Nachhaltigkeit zu gehen (Petraki et al., 2025).

Beispielsweise können die Programme die Lücke zwischen Unkraut-Karten und Spritzkarten für Herbizide schließen und so präzise Kontrolle der Begleitflora ermöglichen (Montull et al., 2024).

Eine Herausforderung ist die manuelle Bonitur der Begleitflora auf der Fläche zu vereinfachen. Wenn dies gelingt, wäre es einfacher das Potential dieser Programme auszunutzen und sie weiter sowohl in andere Länder, als auch in andere Feldkulturen zu exportieren.

Eine Möglichkeit dieses Problem zu lösen, könnte beispielsweise das Programm „RoboWeedMaps“ sein, ein Programm das Fotos von Flächen mithilfe von künstlicher Intelligenz bzw. Maschinellern Lernen bezüglich der Verunkrautung auswertet. Mithilfe dieser generierten Daten kann das Programm IPMwise immer noch erhebliche Einsparung von Herbiziden in Höhe von 57-73% in Wintergetreide generieren. Hierbei ist allerdings noch weitere Forschung und Validierung der Technologie erforderlich (Rydahl, Helps, et al., 2022, S. 4).

3 Methode

Im folgenden Kapitel wird der Aufbau und die Durchführung des Feldversuches beschrieben. Dabei wird im ersten Abschnitt auf die Prüffaktoren und die räumliche Anordnung eingegangen. Anschließend wird die Bonitur selbst sowie die Anwendung des Programms IH erläutert.

3.1 Versuchsaufbau

In diesem Abschnitt wird der Aufbau des durchgeführten Versuches thematisiert. Dazu gehört die Beschreibung der einzelnen Faktorstufen sowie eine Skizze des Versuchsaufbaus.

3.1.1 Prüffaktor und Wiederholung

In diesem Feldversuch werden drei Prüffaktoren eingesetzt (vgl. Tabelle 1). Prüffaktor A ist die Herbizidstrategie im Herbst. Dieser Prüffaktor wird in drei Faktorstufen eingeteilt. Die erste Faktorstufe ist die unbehandelte Nullvariante (NV), in welcher kein chemischer PS durchgeführt wird. Die zweite Faktorstufe ist eine Variante mit betriebsüblicher (BÜ) Herbizidstrategie, wie sie im teilnehmenden Betrieb durchgeführt wird. Die dritte Faktorstufe stellt die Variante mit der von der Entscheidungshilfe IH empfohlenen Herbizidstrategie dar. Prüffaktor B ist der Standort der Feldkulturen. Dabei werden zwei Standorte in Sachsen-Anhalt als Faktorstufen bestimmt. Diese unterscheiden sich in Bodenart und Bewirtschaftung. Ein Standort befindet sich im Salzlandkreis (SLK) nahe Schönebeck (Elbe). Dort findet der Versuch auf der Bodenart Lehm und stark lehmiger Sand statt. Die Fläche wurde im Vergleich zum anderen Standort vor der Saat mit Glyphosat behandelt. Der andere Standort liegt im Altmarkkreis-Salzwedel (SAW) nahe Klötze. Dieser Standort weist die Bodenart lehmiger Sand auf. Die jeweiligen Bodenarten wurden dem „Web-Map-Service“ des amtlichen Liegenschaftskataster -Informationssystem „ALKIS“ entnommen (Landesamt für Vermessung und Geoinformation Sachsen-Anhalt, o. J.-a).

Prüffaktor C ist die angebaute Feldkultur. Dabei wird zwischen den beiden Prüffaktorstufen Wintergerste (WG) und Winterweichweizen (WW) unterschieden.

Aus der Kombination dieser drei Prüffaktoren ergeben sich zwölf Faktorstufenkombinationen. Diese werden jeweils vierfach wiederholt, woraus sich insgesamt 48 Prüfglieder ergeben.

Tabelle 1: Prüffaktoren und deren Faktorstufen (NV=Nullvariante, BÜ=betriebsüblich, IH=InnoHerb, SLK=Salzlandkreis, SAW=Altmarkkreis Salzwedel, WG=Wintergerste, WW= Winterweizen) mit Anzahl der Kombinationen daraus sowie Wiederholungen und Anzahl der Prüfglieder

Prüffaktor A - Herbizidstrategie	Prüffaktor B - Standort	Prüffaktor C - Feldkultur	Wiederholung
Stufe 1 - NV	Stufe 1 – SLK	Stufe 1 – WG	1
Stufe 2 - BÜ	Stufe 2 – SAW	Stufe 2 - WW	2
Stufe 3 – IH			3
			4
3 x 2 x 2 = 12 Faktorstufenkombinationen			
12 x 4 = 48 Prüfglieder			

Der Versuch ist auf vier Ackerfeldern angelegt. Jedes dieser Felder ist eine Kombination der Prüffaktoren B (Standort) und C (Feldkultur). Das Feld „SAW WG“ beispielsweise liegt am Standort SAW (Prüffaktor B) und dort ist WG angebaut (Prüffaktor C). Auf jeder der vier Flächen sind die drei unterschiedlichen Herbizidstrategien (Prüffaktor A) in vierfacher Wiederholung angelegt. Das ergibt zwölf Parzellen auf jedem Feld.

3.1.2 räumliche Anordnung

In Abbildung 1 ist zu sehen, wie die zwölf Parzellen in den vier Feldern angeordnet sind. Die verschiedenfarbigen Rechtecke sind Parzellen der verschiedenen Herbizidstrategien. Dabei bedeuten die Farben Folgendes:

Farbe grün: unbehandelte Kontrollvariante bzw. Nullvariante

Farbe blau: Variante mit betriebsüblicher Herbizidstrategie

Farbe rosa: Variante mit Herbizidstrategie des Programms InnoHerb.

Die Größe einer Parzelle beläuft sich jeweils auf 50 m Länge und 30 m Breite. Die Parzellen sind in vier Streifen/Wiederholungen angeordnet. Ein Streifen beläuft sich technisch bedingt auf die Arbeitsbreite der verwendeten Feldspritze von 30 m. Die Bezeichnungen, welche als Abkürzungen in der Abbildung 1 angegeben sind, ergeben sich durch Kombination der jeweiligen Wiederholung (1-4) und der drei verschiedenen Varianten (NV/ BÜ/ IH) Die Anordnung der Varianten in den Streifen ist randomisiert, um etwaige Effekte anderer Einflussfaktoren als der Prüffaktoren bestmöglich auszuschalten. Innerhalb der jeweiligen Spritzparzellen liegen die Boniturparzellen, in welchen die Bonitur stattfindet. Diese liegen im Abstand von fünf Metern zum Rand der Spritzparzellen.

Dadurch sollen Randeffekte und mögliche Effekte durch ungenaue Ausbringung im Randbereich weitestgehend ausgeschlossen werden.

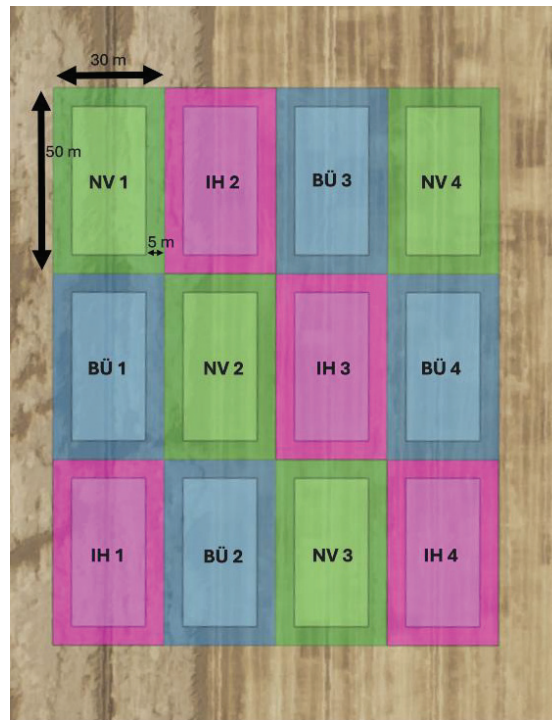


Abbildung 1: Parzellenanordnung der Spritzparzellen (12 größere Rechtecke) und Boniturparzellen (kleinere Rechtecke innerhalb) mit Längenangaben und Parzellenbezeichnungen (NV=Nullvariante, BÜ=betriebsüblich, IH=InnoHerb, „1“-„4“: Wiederholung 1-4), Hintergrund: WMS des DOP (Landesamt für Vermessung und Geoinformation Sachsen-Anhalt, o. J.-b)

3.2 Versuchsdurchführung

Anschließend wird erklärt, wie der Feldversuch durchgeführt wird. Angefangen mit der Vorbereitung des eigentlichen Versuches, anschließend die Bonitur auf dem Feld und letztlich die Verwendung der Entscheidungshilfe IH sowie die Anwendung der Herbizidstrategien auf den Feldern.

3.2.1 Vorbereitung und Bonitur

Bei der Durchführung des Feldversuches werden zuerst die jeweiligen Ackerfelder ausgewählt. Dabei wird darauf geachtet, an einem Standort (SLK/SAW) für die beiden Kulturen (WW/WG) zwei Felder in geringem Abstand zueinander zu wählen, um möglichst vergleichbare Standortbedingungen zu schaffen. Die Aussaat der WG geschieht Ende September, die des WW Mitte Oktober.

Der Versuchsaufbau, wie er in Abbildung 1 dargestellt ist, wird nach der Saat auf dem Feld mit Stäben markiert. Um korrekte Größe und Abstände zu gewährleisten, wird dabei mit Geodaten gearbeitet. Zuerst wird am PC der Versuchsaufbau auf einem Satellitenbild mithilfe der Software „QGIS“ eingezeichnet. Anschließend werden die Standortdaten vor Ort mit der mobilen Software „Qfield“ genutzt, um die Parzellen zu markieren. Neben den Parzellen werden auf dem Satellitenbild die Boniturstellen festgelegt. Diese werden gleichmäßig in der Parzelle verteilt, um die Auswirkung kleinräumiger Unterschiede auf das Ergebnis gering zu halten. In Abbildung 2 sind die Boniturstellen in den Parzellen als braune Punkte abgebildet. Entlang der Linien, die die Punkte miteinander verbindet, werden die Parzellen bei der Bonitur durchquert. An den Punkten werden die Daten erhoben. Diese Vorgehensweise mit festgelegten Boniturstellen wird gewählt, um später mögliche Unregelmäßigkeiten in den Ergebnissen besser einordnen und nachvollziehen zu können. In jeder Parzelle gibt es zehn Boniturstellen, an welchen jeweils mit einem Unkrautzählrahmen mit einer Größe von 0,1 m² bonitiert wird. Somit wird in jeder Parzelle insgesamt 1 m² bonitiert.

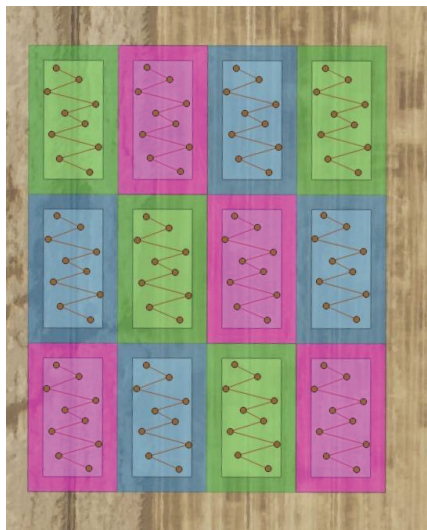


Abbildung 2: Parzellen (grün, rosa, blau) mit Boniturstellen (braun), Hintergrund: WMS des DOP (Landesamt für Vermessung und Geoinformation Sachsen-Anhalt, o. J.-b)

Die Bonitur findet auf den Flächen an jeweils zwei Terminen statt. Der erste Termin ist kurz vor der geplanten Herbizidanwendung, um die vorhandene Begleitflora zu erfassen. Der zweite Termin folgt vier Wochen nach der Herbizidanwendung, damit festgestellt werden kann, wie sich die Begleitflora in den verschiedenen Varianten entwickelt hat.

Folgende Daten werden an jedem Bonitурpunkt im Zählrahmen erhoben:

- Vorhandene Begleitflora-Arten
- Anzahl der Individuen jeder vorhandenen Art in den vorhandenen Größenstadien (Anzahl Laubblätter)
- Bedeckungsgrad der Individuen jeder vorhandenen Art in den vorhandenen Größenstadien

Außerdem wurde das BBCH-Stadium der Kultur an jeder Bonitурparzelle einmal festgestellt. Für die Identifizierung der Begleitflora-Arten werden zur Unterstützung vor allem die Bestimmungsbücher „Ackerunkräuter Europas“ (Hanf, 1990) und „Unkräuter in Zuckerrüben“ (Aventis CropScience, 2001) sowie die App „Agrarbestimmer“ von Bayer genutzt.

3.2.2 Verwendung der Entscheidungshilfe IH

Nach der ersten Bonitур kurz vor der geplanten Herbizidanwendung, wird das Programm IH genutzt. Im Programm können verschiedene Schläge angelegt und gespeichert werden. Für jeden Schlag werden die „Basisdaten“ eingegeben. Dazu gehören die Kulturart, die Saison (Herbst oder Frühling), das Entwicklungsstadium der Kultur, eine Beurteilung darüber, ob die Kultur unter Trockenstress leidet sowie die minimale und maximale Temperatur am Tag der Herbizidanwendung. Im Unterreiter „Meine Herbizide“ können benutzerdefinierte Kosten für Herbizide eingegeben oder dem Programm eine Auswahl an PSM vorgegeben werden.

Unter dem Reiter „Beratung“ wird die vorhandene Begleitflora eingegeben. Dabei können bis zu zehn Arten mit ihren Größen und Dichten angegeben werden. Bei den Begleitflora-Arten steht eine Liste von 46 Auswahlmöglichkeiten zur Verfügung. Darunter befinden sich einzelne Arten von Unkräutern oder Ungräsern. Teilweise werden Artengruppen zusammengefasst, beispielsweise die „Ehrenpreis-Arten“.

Die Artengröße wird anhand der Anzahl an Laubblättern angegeben. Eingabemöglichkeiten sind 0-2, 2-4, 5-6 und >6 Laubblätter. Jede Art kann nur einmal eingegeben werden, weshalb sich in diesem Fall dafür entschieden wird, die am häufigsten vorkommende Größe einzutragen. Bei der Unkrautdicke kann als kleinste Auswahlmöglichkeit 0,5-1 Pflanzen/m² angegeben werden. Darüber hinaus stehen die Möglichkeiten 2-10, 11-50, 51-150, 151-300, 301-600 und >600 Pflanzen/m² zur Verfügung. Bei Vorkommen einer Art in einer Häufigkeit von durchschnittlich unter 0,5 Pflanzen je Quadratmeter wird im Fall dieser Untersuchung keine Angabe gemacht. Für die Eingaben in diesem Bereich werden die Daten der ersten Bonitур verwendet. Dabei werden alle erhobenen Daten aus den zwölf Parzellen auf einem Feld gemittelt eingegeben.

Außerdem muss im Bereich „Beratung“ noch die gewünschte Zielwirksamkeit in Prozent eingegeben werden. Diese kann entweder selbst gewählt werden, wobei neben 0 auch Werte zwischen 60 und 95 in 5 %-Schritten angegeben werden können. Alternativ kann die vom Programm berechnete Zielwirksamkeit „IPM“ ausgewählt werden. In diesem Versuch wird jeweils die IPM-Zielwirksamkeit genutzt.

Die Angaben aus den Bereichen Basisdaten und Beratung in der Benuttermaske des Programms sind beispielhaft für „Versuchsfläche“ in Abbildung 3 abgebildet.

Für jede Begleitflora-Art kann noch angegeben werden, ob Möglichkeiten der Resistenzvermeidung verwendet werden sollen und ob Wirkmechanismen vermieden werden sollen. Auswählbare Wirkmechanismen sind im Programm „ACCCase“, „ALS“, „Auxin“ und „Photosynthese“. Weiterhin kann die Möglichkeit entsprechend eingeschränkt werden. Wenn Wirkmechanismen vermieden werden sollen, kann angegeben werden, dass sie nur bei alleinigem Auftreten eines MoAs oder nur bei Auftreten resistenzgefährdeter Unkräuter vermieden werden sollen.

Basisdaten	
Kulturart	Wintergerste
Saison	Herbst
Entwicklungsstadium	11 1. Laubblatt entfaltet
Trockenstress	Keiner
Temperatur	7 °C - 15 °C
Sortieren nach	Kosten (Preis)
Vogelmiere, Gewöhnliche, res. Risiko (B)	0-2 Laubblätter, 151 - 300 Pfl/m ² , 93%
Raps, Ausfall-	0-2 Laubblätter, 2 - 10 Pfl/m ² , 79%
Storachschnabel, Arten	0-2 Laubblätter, 11 - 50 Pfl/m ² , 87%
Hederich	0-2 Laubblätter, ½ - 1 Pfl/m ² , 0%
Ehrenpreis, Arten	0-2 Laubblätter, 51 - 150 Pfl/m ² , 91%
Kamille, Arten, res. Risiko (B)	0-2 Laubblätter, 2 - 10 Pfl/m ² , 82%
Wicke, Zottige	3-4 Laubblätter, 2 - 10 Pfl/m ² , 0%

Abbildung 3: Benuttermaske aus dem Programm InnoHerb (ISIP, o. J.-a) mit Basisdaten und Daten zur Begleitflora am Beispiel „Versuchsfläche“

Als Ergebnis schlägt das Programm meist mehrere PSM bzw. Mischungen dieser vor. Die Sortierung für die Ergebnisse kann selbst gewählt werden, beispielsweise nach Kosten (ISIP, o. J.-a).

In diesem Versuch werden die Mischungen aus den vorgeschlagenen gewählt, welche von der Wirkstoff-/ PSM-Auswahl denen der BÜ-Variante ähneln. So können die unterschiedlichen Aufwandmengen der beiden Varianten besser verglichen werden.

Am Tag der Ausbringung werden in diesem Versuch die Daten erneut mit den aktuellen Prognosen und Temperaturangaben des jeweiligen Tages ins Programm IH eingegeben, dadurch können sich die empfohlenen Aufwandmengen noch ändern.

Die beiden Varianten IH und BÜ werden anschließend nacheinander auf den jeweiligen Parzellen ausgebracht. Dabei werden die auf dem Betrieb vorhandenen Feldspritzen von Amazone zur Ausbringung genutzt.

Im nächsten Kapitel werden die entstandenen Ergebnisse aus dem Feldversuch dargestellt und ausgewertet.

3.3 Statistische Auswertung

Die Daten aus der Wirkbonitur vier Wochen nach der Herbizidbehandlung wurden ausgewertet. Dabei wurde jeweils der Mittelwert der IH-Parzellen bzw. der BÜ-Parzellen mit dem der NV-Parzellen in Relation gesetzt, um aussagen zu können, wie sich die Begleitflora ohne eine Herbizidbehandlung weiterentwickelt hätte und wie dies durch die beiden Herbizidstrategien beeinflusst wurde. Für die statistische Absicherung wurden zur Überprüfung der Varianzgleichheit der Levene-Test und der Brown-Forsythe-Test. Für die Prüfung der Normalverteilung wurden der Kolmogorov-Smirnov-Test, der Shapiro-Wilk-Test und der Anderson-Darling-Test verwendet. Zur Prüfung der Signifikanz wurde, wo die Voraussetzungen es erlaubten, der t-Test, ansonsten der Mann-Whitney U-Test verwendet. Die Rechnungen wurden mithilfe der Online-Software numiqo durchgeführt (numiqo Team, 2025). als Signifikanz-Niveau wurde 0,05 gewählt. Die Ergebnisse zu den statistischen Berechnungen befinden sich im Detail im Anhang.

4 Ergebnisse

Nun werden die Ergebnisse des Feldversuches dargestellt. Zuerst werden die Daten der Ausgangsbonituren angeführt sowie die Empfehlungen aus dem Programm IH und die gewählten Strategien in der IH- und BÜ-Varianten. Im zweiten Teil des Kapitels geht es um die Ergebnisse der Wirkungsbonitur vier Wochen nach der Herbizidbehandlung. Dieser Teil ist nach den eingangs angestellten Forschungshypothesen gegliedert (Vgl. Kapitel 1.1).

4.1 Ausgangsbonitur und Herbizidstrategie

In diesem Abschnitt werden zuerst die Ergebnisse der Ausgangsbonituren sowie die daraus resultierenden Herbizidstrategien in den Varianten BÜ und IH dargestellt.

4.1.1 Ausgangsbonituren und Eingabe in InnoHerb

Zur Ausgangsbonitur wurden die vorhandenen Begleitflora-Arten, die Anzahl der Begleitflora-Individuen je m², deren Größe anhand der Anzahl an Laubblättern und die Bedeckung in Prozent durch sie erhoben. Die Bonituren fanden in der frühen Blattentwicklung der Kultur statt, in den EC-Stadien 10 bis 12 also vom Blattspitzen bis zum ausgebildeten 2. Laubblatt. Auf den Wintergerste-Fläche fanden die Bonituren Mitte bis Ende Oktober 2024 statt, auf den Winterweizen-Flächen Ende Oktober bis Anfang November.

Zum Zeitpunkt der Ausgangsbonitur gestaltet sich der Zustand der Begleitflora auf den Flächen sehr unterschiedlich, wie in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zu sehen ist. Am Standort SAW treten deutlich mehr Pflanzen je m² auf, als am Standort SLK. Bei der Bedeckung durch Begleitflora zeigt sich ein ähnliches Verhältnis zwischen den Standorten.

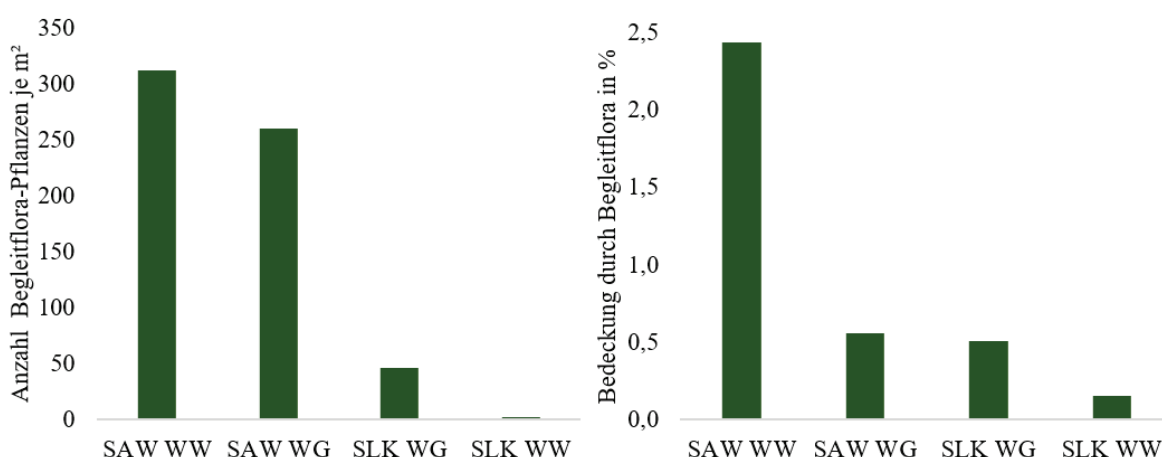


Abbildung 4: Anzahl der Begleitflora-Pflanzen je m² und Bedeckung durch Begleitflora in % zur Ausgangsbonitur auf den Flächen Salzwedel-Winterweizen (SAW WW), Salzwedel-Wintergerste (SAW WG), Salzlandkreis-Wintergerste (SLK WG) und Salzlandkreis-Winterweizen (SLK WW)

Am Standort SAW sind auf beiden Flächen mehr als 250 Pflanzen je m² zu finden, am Standort SLK unter 50 Pflanzen je m². Auf der Fläche SAW WW befinden sich 312 Begleitflora-Pflanzen/m², auf der Fläche SAW WG 260 Begleitflora-Pflanzen/m². Auf SLK WG wachsen 46 Begleitflora-Pflanzen/m², SLK WW ist mit durchschnittlich 2 Begleitflora-Pflanzen/m² nahezu frei von Begleitflora.

Die Bedeckung durch Begleitflora liegt bei allen vier Flächen bei unter 3%. Die Fläche SAW WW hat, wie bei der Begleitflora-Pflanzen-Anzahl, auch bei der Bedeckung den höchsten Wert mit 2,4%. Die Bedeckung durch Begleitflora bei den anderen drei Flächen liegt auf einem niedrigeren Niveau. Der Wert der Bedeckung durch Begleitflora weist bei der Fläche SAW WG im Verhältnis zur Pflanzenanzahl eine niedrigere Höhe auf und liegt nicht auf einem Niveau mit der Nachbarfläche SAW WW, sondern ist eher mit den Flächen am Standort SLK zu vergleichen. Auf der Fläche SAW WG sind 0,6% durch Begleitflora bedeckt, bei der Fläche SLK WG 0,5% und bei SLK WW 0,2%.

Die Artenzusammensetzung nach Anzahl der Individuen der jeweiligen Arten auf den unterschiedlichen Flächen ist in Abbildung 5 zu sehen. Die abgebildeten Arten sind die, die in das Programm IH eingegeben wurden. Dies sind durch das Programm beschränkt maximal zehn verschiedene Arten. Außerdem können nur Arten angegeben werden, deren Vorkommen mindestens 0,5 Pflanzen/m² beträgt.

Auf der Fläche SAW WG trifft das auf sieben verschiedene Arten zu. Die gewöhnliche Vogelmiere trat dort mit 164 Pflanzen/m² auf, Ehrenpreis-Arten mit 62 Pflanzen/m², Storchschnabel-Arten mit 15 Pflanzen/m². Die anderen Arten, die in nennenswerten Ausmaß auftraten, waren Ausfallraps, Kamille-Arten, Zottige Wicke und Hederich, welche alle jeweils weniger als acht Pflanzen/m² waren. Auf der Fläche SAW WW wurden 192 Acker-Stiefmütterchen/m², 56 Pflanzen/m² von Kamille-Arten und 52 Pflanzen/m² von Ehrenpreis-Arten boniert. Die weiteren sieben in IH eingegebenen Arten traten jeweils mit drei Pflanzen/m² und weniger auf. Auf der Fläche SLK WG traten 22 Acker-Vergissmeinnicht/m², sieben gewöhnliche Vogelmiere/m², sechs Pflanzen/m² von Kamille-Arten sowie drei Acker-Fuchsschwanz-Pflanzen/m², eine Pflanze/m² Kletten-Labkraut und weitere Arten mit zwei Pflanzen/m² und weniger auf. Auf der Fläche SLK WW trat nur eine Art häufiger als mit 0,5 Pflanzen/m² auf, durchschnittliche eine Pflanze/m² der Kamille-Arten.

Bei der Artenzusammensetzung ist zwischen den einzelnen Flächen keine deutliche Ähnlichkeit zu sehen. Dominierend ist vielmehr die Anzahl der Begleitflora-Pflanzen, welche sich an den Standorten SAW und SLK unterscheidet.

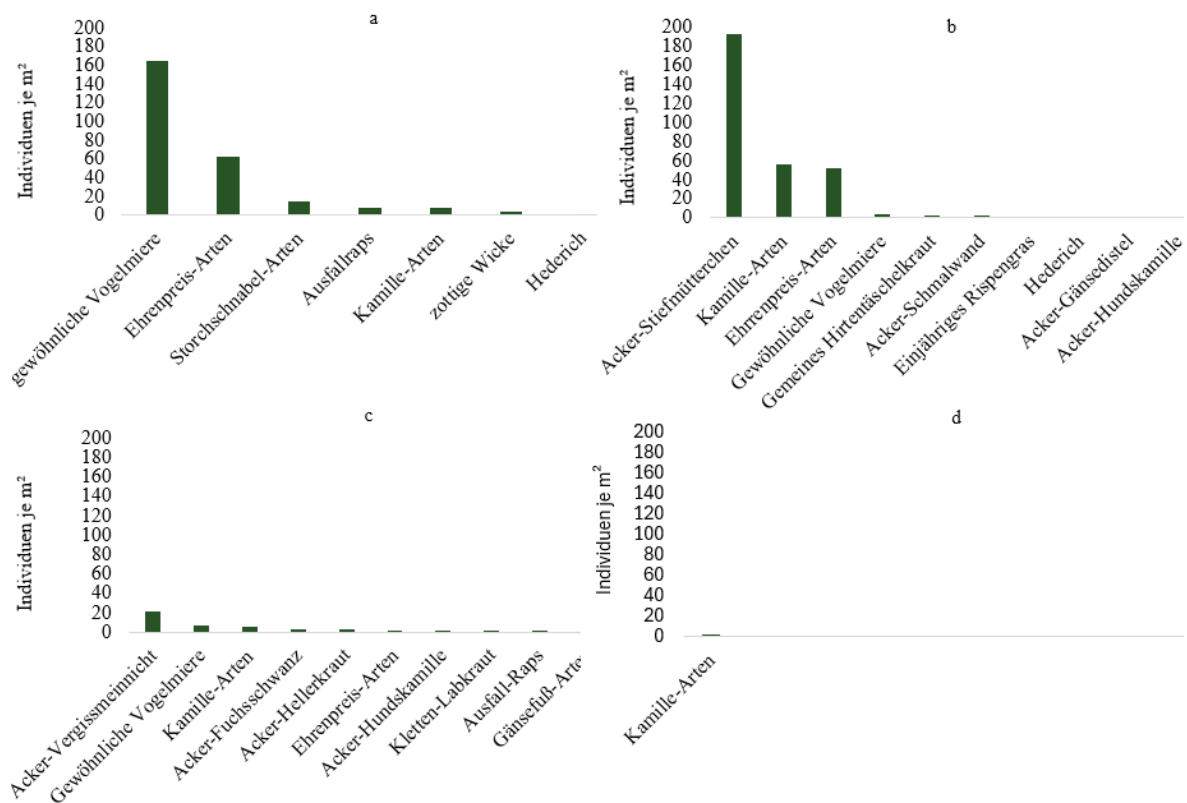


Abbildung 5: Artenzusammensetzung zum Zeitpunkt der Ausgangsbonitur (maximal die zehn am häufigsten vorkommende Arten mit jeweils mindestens 0,5 Pflanzen je m²) auf den Flächen a: Salzwedel-Wintergerste, b: Salzwedel-Winterweizen, c: Salzlandkreis-Wintergerste und d: Salzlandkreis-Winterweizen anhand der Anzahl der Individuen

Eine Auffälligkeit ist, dass nur auf der Fläche SLK WG die Arten Acker-Vergissmeinnicht, Acker-Fuchsschwanz, Acker-Hellerkraut, Kletten-Labkraut und Gänsefuß-Arten auftraten. Storchschnabel-Arten und Zottige Wicke traten nur auf der Fläche SAW auf. Auf der Fläche SAW WW trat als einziger Fläche das Acker-Stiefmütterchen auf, das in erheblichem Ausmaß. Außerdem traten nur dort Hirten-Täschelkraut, Acker-Schmalwand und Acker-Gänse-distel auf.

Bei Betrachtung der Bedeckung durch die einzelnen Arten zeigt sich teilweise eine andere Bedeutung zwischen den Arten. Die Bedeckung durch die in IH eingegeben Arten ist in Abbildung 6 dargestellt.

Auf der Fläche SAW WG bedecken die gewöhnliche Vogelmiere, Storchschnabel-Arten und Ausfallraps jeweils 0,1-0,2 % der Fläche. Der Rest der Arten bedeckt unter 0,01 % der Fläche. Es fällt auf, dass die Pflanzen der Ehrenpreis-Arten trotz ihrem Vorkommen von 62 Pflanzen/m² nur 0,001 % der Fläche bedecken. Dies lässt sich dadurch erklären, dass die Pflanzen noch sehr klein und meist im Keimblatt-Stadium waren.

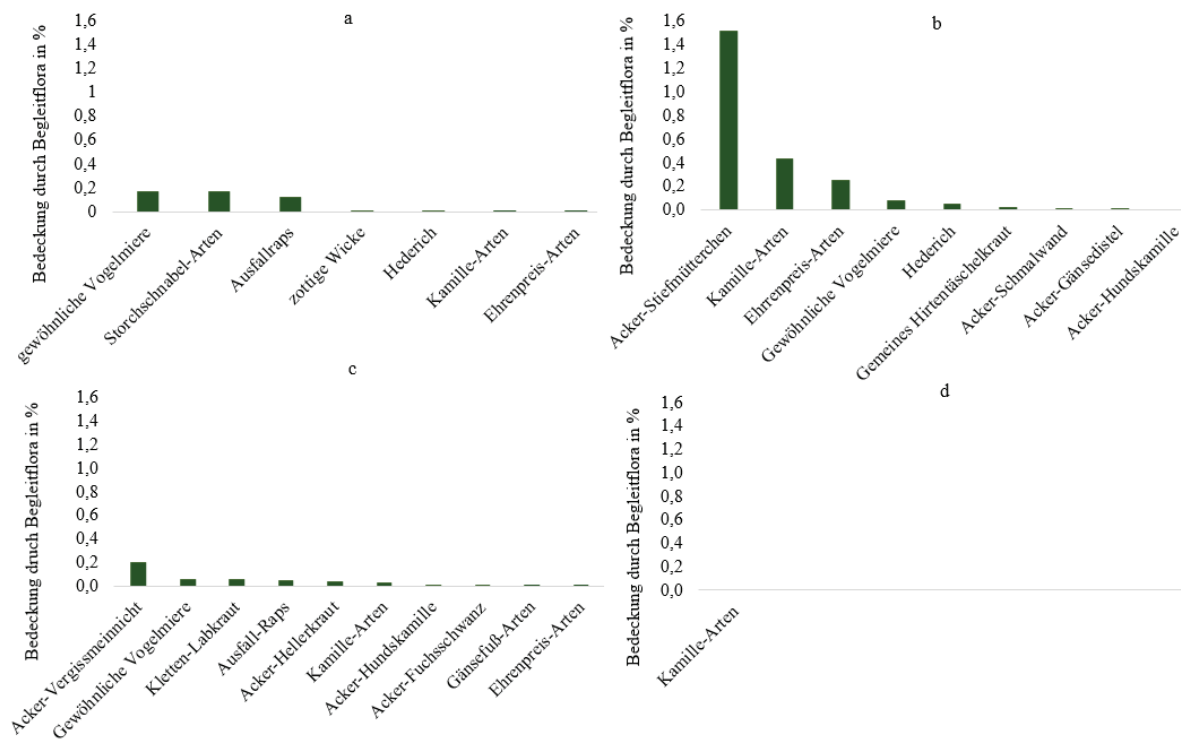


Abbildung 6: Artenzusammensetzung zum Zeitpunkt der Ausgangsböschung (maximal die zehn am häufigsten vorkommenden Arten mit jeweils mindestens 0,5 Pflanzen je m²) auf den Flächen a: Salzwedel-Wintergerste, b: Salzwedel-Winterweizen, c: Salzlandkreis-Wintergerste und d: Salzlandkreis-Winterweizen anhand der Bedeckung

Auf der Fläche SAW WW treten die Arten mit der größten Bedeckung der vier Flächen auf. Allein die Acker-Stiefmütterchen bedecken 1,5 % der Fläche. Die Kamille-Arten und Ehrenpreis-Arten bedecken 0,4 % und 0,3 % der Fläche. Die anderen vorkommenden Arten bedecken jeweils unter 0,1 % der Fläche. Auf der Fläche SLK WG bedecken die Acker-Vergissmeinnicht 0,2 % der Fläche, gewöhnliche Vogelmiere und Kletten-Labkraut bedecken 0,06 % der Fläche. Die anderen vorkommenden Arten bedecken unter 0,05 % der Fläche. Die Kamille-Arten auf der Fläche SLK WW bedecken 0,01 % der Fläche.

In das Programm IH wurde eingegeben welche Arten in welcher Anzahl und mit wie vielen Laubblättern auf einer Fläche auftreten. Außerdem wird die Kultur, die Saison, das Entwicklungsstadium der Kultur, Zustand von Trockenstress und die Temperatur eingegeben.

In Abbildung 7 ist die Eingabe dieser Daten für die Fläche SAW WG zu sehen. Die Saison der Versuches war der Herbst. Die Kultur Wintergerste war zu dem Zeitpunkt in Entwicklungsstadium 11. Trockenstress wurde bei keiner der Flächen angegeben. Die Temperatur am Tag der Herbizid-Behandlung war 5-14 °C. Alle der vorkommenden Arten, außer der Zottigen Wicke, traten überwiegend mit 0-2 Laubblättern auf. Die Zottige Wicke trat mit 3-4 Laubblättern auf.

Hinter den Namen der Begleitflora-Arten steht außerdem ein Hinweis auf ein Resistenzrisiko mit dem Hinweis auf den MoA in Form des Buchstabens aus der HRAC-Klassifizierung. Die Prozentzahl hinter den eingegeben Arten ist die Zielwirksamkeit des Programms IH. Diese wird im Programm auch als „ausreichender Effekt nach IPM“ bezeichnet. Für Hederich und Zottige Wicke ist die Zielwirksamkeit null. Für die gewöhnliche Vogelmiere und Ehrenpreis-Arten ist die Zielwirksamkeit über 90 %. Für andere Arten, wie Storchschnabel-Arten und Kamille-Arten ist die Zielwirksamkeit zwischen 80 % und 90 %. Die Zielwirksamkeit für Ausfall-Raps ist unter 80 %.

Die Eingabedaten aus dem Programm IH für das Feld SAW WW sind in Abbildung 8 dargestellt. Die Kultur Winterweizen war zu diesem Termin beim Entwicklungsstadium 12. Die Temperatur war am Tag der Anwendung 5-7 °C. Das Einjährige Rispengras wurde mit 3-4 Laubblättern bonitiert, alle anderen Arten mit 0-2 Laubblättern. Für die Arten Hederich, Acker-Hundskamille, Gemeines Hirtentäschelkraut und Acker-Gänsedistel war die Zielwirksamkeit null. Acker-Stiefmütterchen, Ehrenpreis-Arten und Kamille-Arten haben eine Zielwirksamkeit von über 90 % zugewiesen bekommen. Die übrigen der vorkommenden Arten werden mit einer Zielwirksamkeit von 75 % bekämpft. An dieser Stelle zeigt sich auch, dass die Zielwirksamkeiten nicht artspezifisch gleich sind. Neben den bereits genannten Arten mit Hinweis auf Resistenzrisiko, treten hier noch Hinweise bei den Arten Gemeines Hirtentäschelkraut, Einjähriges Rispengras und Acker-Gänsedistel auf.

Kulturart	Wintergerste
Saison	Herbst
Entwicklungsstadium	11 1. Laubblatt entfaltet
Trockenstress	Keiner
Temperatur	5 °C - 14 °C
Sortieren nach	Kosten (Preis)
Vogelmiere, Gewöhnliche, res. Risiko (B)	0-2 Laubblätter, 151 - 300 Pfl/m2, 93%
Raps, Ausfall-	0-2 Laubblätter, 2 - 10 Pfl/m2, 79%
Storchschnabel, Arten	0-2 Laubblätter, 11 - 50 Pfl/m2, 87%
Hederich	0-2 Laubblätter, ½ - 1 Pfl/m2, 0%
Ehrenpreis, Arten	0-2 Laubblätter, 51 - 150 Pfl/m2, 91%
Kamille, Arten, res. Risiko (B)	0-2 Laubblätter, 2 - 10 Pfl/m2, 82%
Wicke, Zottige	3-4 Laubblätter, 2 - 10 Pfl/m2, 0%

Abbildung 7: Eingabedaten für die Fläche Salzwedel-Wintergerste vom 22.10.2024 mit Kulturart, Saison, Entwicklungsstadium der Kultur, Angabe zu Trockenstress, Temperaturbereich, Sortierungshinweis und vorhandener Begleitflora

Kulturart	Winterweizen
Saison	Herbst
Entwicklungsstadium	12 2. Laubblatt entfaltet
Trockenstress	Keiner
Temperatur	5 °C - 7 °C
Sortieren nach	Kosten (Preis)
Vogelmiere, Gewöhnliche, res. Risiko (B)	0-2 Laubblätter, 2 - 10 Pfl/m2, 75%
Hundskamille, Acker-	0-2 Laubblätter, ½ - 1 Pfl/m2, 0%
Hirtentäschelkraut, Gemeines, res. Risiko (B)	0-2 Laubblätter, 2 - 10 Pfl/m2, 0%
Rispengras, Einjähriges, res. Risiko (A,B,C1)	3-4 Laubblätter, ½ - 1 Pfl/m2, 75%
Stiefmütterchen, Acker-	0-2 Laubblätter, 151 - 300 Pfl/m2, 93%
Hederich	0-2 Laubblätter, ½ - 1 Pfl/m2, 0%
Ehrenpreis, Arten	0-2 Laubblätter, 51 - 150 Pfl/m2, 91%
Kamille, Arten, res. Risiko (B)	0-2 Laubblätter, 51 - 150 Pfl/m2, 91%
Gänsedistel, Acker-, res. Risiko (B)	0-2 Laubblätter, ½ - 1 Pfl/m2, 0%
Schmalwand, Acker-	0-2 Laubblätter, 2 - 10 Pfl/m2, 75%

Abbildung 8: Eingabedaten für die Fläche Salzwedel-Winterweizen vom 05.11.2024 mit Kulturart, Saison, Entwicklungsstadium der Kultur, Angabe zu Trockenstress, Temperaturbereich, Sortierungshinweis und vorhandener Begleitflora

Die Eingabedaten für das Feld SLK WG sind in Abbildung 9 abgebildet. Das Entwicklungsstadium der Kultur Wintergerste war 12. Die Temperatur bei der Herbizid-Behandlung war 11-17 °C. Alle der vorkommenden Arten wurden mit 0-2 Laubblättern bonitiert. Für die Arten Acker-Vergissmeinnicht, Gänsefuß-Arten, Acker-Hundskamille und Ehrenpreis-Arten war die Zielwirksamkeit null. Bei den Flächen am Standort SAW war die Zielwirksamkeit für Ehrenpreis-Arten bei 91 %, hier zeigt sich also ein erheblicher Unterschied. Auf dieser Fläche ist die Zielwirksamkeit von keiner der vorkommenden Arten bei 90 % oder höher. Acker-Fuchsschwanz und Kamille-Arten werden mit einer Zielwirksamkeit von 89 % und 82 % bekämpft. Die restlichen Arten werden mit 75 % und 70 % bekämpft. Für die Gänsefuß-Arten und Acker-Fuchsschwanz wird ein Resistenz-Hinweis gemacht.

Die Eingabedaten für die Fläche SLK WW sind in Abbildung 10 dargestellt. Die Kultur Winterweizen war im Entwicklungsstadium 10. Die Temperatur war am Tag Herbizid-Anwendung bei 7-9 °C. Bonitiert und eingegeben wurden ausschließlich Kamille-Arten mit 0-2 Laubblätter. Die Zielwirksamkeit für diese Kamille-Arten wurde mit 75 % bemessen.

Kulturart	Wintergerste
Saison	Herbst
Entwicklungsstadium	12 2. Laubblatt entfaltet
Trockenstress	Keiner
Temperatur	11 °C - 17 °C
Sortieren nach	Kosten (Preis)
Labkraut, Kletten-	0-2 Laubblätter, ½ - 1 Pfl/m2, 70%
Vergissmeinnicht, Acker-	0-2 Laubblätter, 11 - 50 Pfl/m2, 0%
Vogelmiere, Gewöhnliche, res. Risiko (B)	0-2 Laubblätter, 2 - 10 Pfl/m2, 75%
Gänsefuß, Arten, res. Risiko (B,C1)	0-2 Laubblätter, ½ - 1 Pfl/m2, 0%
Hundskamille, Acker-	0-2 Laubblätter, ½ - 1 Pfl/m2, 0%
Hellerkraut, Acker-	0-2 Laubblätter, 2 - 10 Pfl/m2, 75%
Raps, Ausfall-	0-2 Laubblätter, ½ - 1 Pfl/m2, 70%
Fuchsschwanz, Acker-, res. Risiko (A,B,C2)	0-2 Laubblätter, 2 - 10 Pfl/m2, 89%
Ehrenpreis, Arten	0-2 Laubblätter, ½ - 1 Pfl/m2, 0%
Kamille, Arten, res. Risiko (B)	0-2 Laubblätter, 2 - 10 Pfl/m2, 82%

Abbildung 9: Eingabedaten für die Fläche Salzlandkreis Wintergerste vom 28.10.2024 mit Kulturart, Saison, Entwicklungsstadium der Kultur, Angabe zu Trockenstress, Temperaturbereich, Sortierungshinweis und vorhandener Begleitflora

Kulturart	Winterweizen
Saison	Herbst
Entwicklungsstadium	10 Beginn Entfaltung 1. Laubblatt
Trockenstress	Keiner
Temperatur	7 °C - 9 °C
Sortieren nach	Kosten (Preis)
Kamille, Arten, res. Risiko (B)	0-2 Laubblätter, ½ - 1 Pfl/m2, 75%

Abbildung 10: Eingabedaten für die Fläche Salzlandkreis-Winterweizen vom 08.11.2024 mit Kulturart, Saison, Entwicklungsstadium der Kultur, Angabe zu Trockenstress, Temperaturbereich, Sortierungshinweis und vorhandener Begleitflora

4.1.2 InnoHerb-Vorschläge und Herbizidstrategien

Das Programm IH gibt nach der Eingabe der Daten zur Begleitflora und den Umweltbedingungen Vorschläge zu Herbiziden und Tankmischungen. Dabei können die Vorschläge nach dem Preis sortiert werden. Zu den jeweiligen Vorschlägen werden jeweils die entsprechenden MoA angegeben. In Abbildung 11 sind die Behandlungsvorschläge für die Fläche SAW WG dargestellt. Dort wurden über 20 verschiedene Behandlungsvorschläge gemacht. Die Preise der Vorschläge reichten von gerundet zwölf bis 91 €.

Behandlungsvorschlag	Preis (€/ha)	MOA
Stomp Aqua (3.8 L)	90.84	K1/3
Stomp Aqua (0.4 L) + Boxer (4.6 L)	79.33	K1/3,N/15
Toluron 700 SC (2.3 L) + Pontos (0.5 L)	59.7	C2/5,F1/12,K3/15
JURA (4 L) + Zypar (0.15 L)	56.92	F1/12,N/15,B/2,O/4
Stomp Aqua (0.8 L) + JURA (2.7 L)	54.21	K1/3,F1/12,N/15
Stomp Aqua (1.2 L) + Quirinus (0.33 L)	47.55	K1/3,F1/12,K3/15
Boxer (0.8 L) + Pontos (0.5 L)	41.15	N/15,F1/12,K3/15
Stomp Aqua (1.2 L) + ADDITION (0.8 L)	39.5	K1/3,F1/12,K1/3
Activus SC (0.4 L) + Pontos (0.5 L)	38.33	K1/3,F1/12,K3/15
FENCE (0.03 L) + Pontos (0.5 L)	30.95	K3/15,F1/12,K3/15
Toluron 700 SC (0.4 L) + Malibu (1.1 L)	25.6	C2/5,K1/3,K3/15
DIFLANIL 500 SC (0.11 L) + Pontos (0.34 L)	25.46	F1/12,F1/12,K3/15
Stomp Aqua (0.6 L) + Pontos (0.2 L)	24.71	K1/3,F1/12,K3/15
Picono (0.5 L) + Malibu (1 L)	24.3	K1/3,C2/5,K1/3,K3/15
Malibu (0.9 L) + Pontos (0.11 L)	23.13	K1/3,K3/15,F1/12,K3/15
Herold SC (0.32 L)	23.0	F2/27,K3/15
Pontos (0.09 L) + Herold SC (0.24 L)	22.37	F1/12,K3/15,F2/27,K3/15
Trinity (1.1 L)	22.13	F1/12,K1/3,C2/5
ADDITION (0.6 L) + Pontos (0.24 L)	21.49	F1/12,K1/3,F1/12,K3/15
Picono (0.6 L) + Pontos (0.24 L)	20.56	K1/3,C2/5,F1/12,K3/15
Trinity (0.7 L) + Pontos (0.09 L)	18.98	F1/12,K1/3,C2/5,F1/12,K3/15
Trinity (0.6 L) + Herold SC (0.08 L)	18.23	F1/12,K1/3,C2/5,F2/27,K3/15
Mateno Duo (0.1 L) + Herold SC (0.19 L)	17.29	F1/12,F3/34,F2/27,K3/15
Alliance (42.3 G)	11.83	B/2,F1/12

Abbildung 11: Behandlungsvorschläge von InnoHerb für das Feld Salzwedel-Wintergerste, deren Preise und MOA/Wirkmechanismus

Aus diesen Behandlungsvorschlägen wurde die zweitgünstigste Variante ausgewählt, bestehend aus Mateno Duo und Herold SC für einen Preis von gerundet 17 €. In Abbildung 12 ist die Tankmischung mit ihrer Aufwandmenge und der maximalen Aufwandmenge der Herbizide abgebildet. Die Tankmischung besteht aus 0,19 l Herold SC und 0,11 l Mateno Duo. Die maximale Aufwandmenge ist 0,6 l und 0,35 l. Ein Hinweis ist aufgeführt, dass die Aufwandmenge bei leichten Böden reduziert ist. Außerdem sind die erwarteten Effekte der Herbizide auf die Begleitflora, der gewünschte Effekt und die Zielwirksamkeit von IH abgebildet. Im Fall dieses Versuches ist der gewünschte Effekt und die Zielwirksamkeit von IH identisch. Der gewünschte Effekt könnte vom Anwender angepasst werden.

Bei den Arten Gewöhnliche Vogelmiere und Ausfallraps wird genau der Effekt erwartet, den das Programm als Zielwirksamkeit errechnet hat. Bei den anderen Arten werden die Zielwirksamkeiten durch den erwarteten Effekt übertroffen.

Handelsname	Dosis / ha	Max. Dosis / ha	Einheit	Preis (€/ha)	Hinweis
Herold SC	0.19	0.6	L	15.84	Herold SC: auf leichten bis mittleren Boden, max. 0,5 l/ha zugelassen. Indikation: ALOMY, PESV, POAAN, einj. Dikotyl
Mateno Duo	0.11	0.35	L	3.24	

Junkräuter

Unkrautname	Erwarteter Effekt (%)	Gewünschter Effekt (5)	Ausreichender Effekt nach IPM (%)
Vogelmiere, Gewöhnliche	93.0	93.0	93.0
Raps, Ausfall-	79.0	79.0	79.0
Storchschnabel, Arten	96.0	87.0	87.0
Ehrenpreis, Arten	95.0	91.0	91.0
Kamille, Arten	93.0	82.0	82.0

Abbildung 12: ausgewählter Behandlungsvorschlag für InnoHerb für die Fläche Salzwedel-Wintergerste, weitere Angaben dazu wie Preis und maximal zugelassene Aufwandmenge sowie erwarteter und gewünschter Effekt nach InnoHerb

Die Behandlungsvorschläge für das Feld SAW WW sind in Abbildung 13 dargestellt. Die Anzahl an Vorschlägen ist für diese Fläche deutlich geringer mit sieben Vorschlägen. Die Preise reichen von gerundet 26 € bis 64 €.

Behandlungsvorschlag	Preis (€/ha)	MOA
Malibu (3.5 L)	64.3	K1/3,K3/15
Malibu (2.3 L) + JURA (1.6 L)	62.95	K1/3,K3/15,F1/12,N/15
Malibu (2.3 L) + Pontos (0.2 L)	53.0	K1/3,K3/15,F1/12,K3/15
Malibu (2.3 L) + Toluron 700 SC (0.7 L)	50.62	K1/3,K3/15,C2/5
Malibu (2.3 L) + Piconia (0.6 L)	48.59	K1/3,K3/15,K1/3,C2/5
Trinity (1.3 L)	26.08	F1/12,K1/3,C2/5
Herold SC (0.05 L) + Trinity (1.1 L)	25.72	F2/27,K3/15,F1/12,K1/3,C2/5

Abbildung 13: Behandlungsvorschläge von InnoHerb für das Feld Salzwedel-Winterweizen, deren Preise und MOA/Wirkmechanismus

Aus den Vorschlägen des Programms wurde die günstigste für etwa 26 € ausgewählt. Die Ausgabe zum ausgewählten Behandlungsvorschlag zur Fläche SAW WW ist in Abbildung 14 dargestellt. Der Behandlungsvorschlag besteht aus einer Mischung von 0,05 l/ha Herold SC und 1,1 l/ha Trinity. Die maximalen Aufwandmengen dieser Herbizide sind 0,6 l/ha und 2 l/ha. Für die Arten Einjähriges Rispengras, Acker-Stiefmütterchen und Kamille-Arten soll der Behandlungsvorschlag genau den als Zielwirksamkeit berechneten Effekt erreichen. Für die anderen Arten wird ein höherer erwarteter Effekt angegeben.

Für die Fläche SLK WG ist die Anzahl der Behandlungsvorschläge etwas unter 20, wie in Abbildung 15 ersichtlich. Die Preise dafür reichen von 22 bis 88 €/ha. Aus den Behandlungsvorschlägen wurde der günstigste ausgewählt, bestehend aus 1,12 l/ha Trinity. Zu sehen sind die Details zu diesem Behandlungsvorschlag in Abbildung 16. Bei fünf der vorkommenden Arten wird die Zielwirksamkeit vom erwarteten Effekt übertroffen. Beim Acker-Hellerkraut wird die Zielwirksamkeit mit 74 %, statt 75 % nicht ganz erreicht.

Handelsname	Dosis / ha	Max. Dosis / ha	Einheit	Preis (€/ha)	Hinweis
Herold SC	0,05	0,6	L	3,63	Herold SC: auf leichten bis mittleren Böden, max. 0,5 l/ha zugelassen. Indikation: ALOMY, PESV, POAAN, einj. Dikoty
Trinity	1,1	2,0	L	22,09	

Unkräuter

Unkrautname	Erwarteter Effekt (%)	Gewünschter Effekt (5)	Ausreichender Effekt nach IPM (%)
Vogelmiere, Gewöhnliche	93,0	75,0	75,0
Rispengras, Einjähriges	75,0	75,0	75,0
Stiefmütterchen, Acker-	93,0	93,0	93,0
Ehrenpreis, Arten	93,0	91,0	91,0
Kamille, Arten	91,0	91,0	91,0
Schmalwand, Acker-	83,0	75,0	75,0

Abbildung 14: ausgewählter Behandlungsvorschlag für InnoHerb für die Fläche Salzwedel-Winterweizen, weitere Angaben dazu wie Preis und maximal zugelassene Aufwandmenge sowie erwarteter und gewünschter Effekt nach InnoHerb

Behandlungsvorschlag	Preis (€/ha)	MOA
Activus SC (1.7 L) + Boxer (3.2 L)	87.94	K1/3,N/15
Activus SC (3.2 L) + ADDITION (0.6 L)	80.87	K1/3,F1/12,K1/3
Boxer (4.6 L) + Alliance (16.4 G)	74.36	N/15,B/2,F1/12
Activus SC (1.7 L) + JURA (2.5 L)	72.13	K1/3,F1/12,N/15
Activus SC (1.7 L) + Pontos (0.42 L)	64.09	K1/3,F1/12,K3/15
Quirinus (0.39 L) + Toluron 700 SC (2.3 L)	52.83	F1/12,K3/15,C2/5
Activus SC (1.7 L) + Herold SC (0.18 L)	52.71	K1/3,F2/27,K3/15
Viper Compact (0.36 L) + Cadou SC (0.27 L)	47.33	B/2,F1/12,K3/15
Pontos (0.23 L) + Toluron 700 SC (2.3 L)	43.55	F1/12,K3/15,C2/5
Alliance (16.4 G) + Carmina 640 (2.2 L)	43.01	B/2,F1/12,F1/12,C2/5
CLEANSHOT (49.9 G) + Toluron 700 SC (2.3 L)	41.22	B/2,L/29,C2/5
Toluron 700 SC (2.3 L) + Herold SC (0.14 L)	40.54	C2/5,F2/27,K3/15
Malibu (2.1 L)	38.53	K1/3,K3/15
Viper Compact (0.36 L) + SUNFIRE (0.27 L)	38.09	B/2,F1/12,K3/15
Alliance (46.2 G) + Toluron 700 SC (1.5 L)	32.78	B/2,F1/12,C2/5
Malibu (0.6 L) + Toluron 700 SC (1.7 L)	32.41	K1/3,K3/15,C2/5
Viper Compact (0.34 L) + Toluron 700 SC (1.5 L)	30.37	B/2,F1/12,C2/5
Trinity (1.1 L)	22.0	F1/12,K1/3,C2/5

Abbildung 15: Behandlungsvorschläge von InnoHerb für das Feld Salzlandkreis-Wintergerste, deren Preise und MOA/Wirkmechanismus

Handelsname	Dosis / ha	Max. Dosis / ha	Einheit	Preis (€/ha)	Hinweis
Trinity	1.12	2.0	L	22.0	

Unkräuter			
Unkrautname	▲ Erwarteter Effekt (%)	Gewünschter Effekt (5)	Ausreichender Effekt nach IPM (%)
Fuchsschwanz, Acker-	92.0	89.0	89.0
Hellerkraut, Acker-	74.0	75.0	75.0
Kamille, Arten	94.0	82.0	82.0
Labkraut, Kletten-	82.0	70.0	70.0
Raps, Ausfall-	84.0	70.0	70.0
Vogelmiere, Gewöhnliche	96.0	75.0	75.0

Abbildung 16: ausgewählter Behandlungsvorschlag für InnoHerb für die Fläche Salzlandkreis-Wintergerste, weitere Angaben dazu wie Preis und maximal zugelassene Aufwandmenge sowie erwarteter und gewünschter Effekt nach InnoHerb

Die Behandlungsvorschläge für die Fläche SLK WW sind in Abbildung 17 abgebildet. Für diese Fläche machte das Programm IH 20 Behandlungsvorschläge mit Preisen von unter 0,5 € bis 89 €. Der günstigste Behandlungsvorschlag für 0,48 € war 0,07 l/ha des Herbizids FALKON. Auffällig ist, dass für diese Fläche nur einzelne Herbizide und keine Tankmischungen vorgeschlagen wurden. Aus den Behandlungsvorschlägen wurde ein Herbizid aus der mittleren Preisklasse der Vorschläge ausgewählt.

Behandlungsvorschlag	Preis (€/ha)	MOA
Activus SC (3.9 L)	88.58	K1/3
Stomp Aqua (3.3 L)	77.38	K1/3
Boxer (4.4 L)	66.41	N/15
JURA (2.9 L)	37.93	F1/12,N/15
Malibu (1.8 L)	32.7	K1/3,K3/15
BeFlex (0.45 L)	26.16	F1/12
Quirinus (0.41 L)	23.61	F1/12,K3/15
Carmina 640 (1.1 L)	19.71	F1/12,C2/5
DIFLANIL 500 SC (0.31 L)	16.02	F1/12
ADDITION (1.2 L)	14.95	F1/12,K1/3
Sempre (0.31 L)	13.77	F1/12
Toluron 700 SC (1.0 L)	13.74	C2/5
Trinity (0.7 L)	13.28	F1/12,K1/3,C2/5
Pontos (0.22 L)	12.99	F1/12,K3/15
FENCE (0.21 L)	12.2	K3/15
Herold SC (0.17 L)	12.05	F2/27,K3/15
Mateno Duo (0.26 L)	7.87	F1/12,F3/34
Sumimax (12.0 G)	5.58	E/14
Alliance (16.2 G)	4.52	B/2,F1/12
FALKON (0.07 L)	0.48	B/2

Abbildung 17: Behandlungsvorschläge von InnoHerb für das Feld Salzlandkreis-Winterweizen, deren Preise und MOA/Wirkmechanismus

In Abbildung 18 sind die Details zum ausgewählten Behandlungsvorschlag mit 0,165 l/ha Herold SC abgebildet. Für die einzige vorkommende Begleitflora-Artengruppe der Kamille-Arten soll der Behandlungsvorschlag den gewünschten Effekt genau erreichen.

Handelsname	Dosis / ha	Max. Dosis / ha	Einheit	Preis (€/ha)	Hinweis
Herold SC	0.165	0.6	L	12.05	Herold SC: auf leichten bis mittleren Böden, max. 0,5 l/ha zugelassen. Indikation: ALOMY, PESV, POAAN, einj. Dikotyle

Unkräuter			
Unkrautname	Erwarteter Effekt (%)	Gewünschter Effekt (%)	Ausreichender Effekt nach IPM (%)
Kamille, Arten	75.0	75.0	75.0

Abbildung 18: ausgewählter Behandlungsvorschlag für InnoHerb für die Fläche Salzlandkreis-Winterweizen, weitere Angaben dazu wie Preis und maximal zugelassene Aufwandmenge sowie erwarteter und gewünschter Effekt nach InnoHerb

In Tabelle 2 sind die Herbizidstrategien für alle Flächen und jeweils beide Behandlungsvarianten gesammelt dargestellt. Die ausgewählten Behandlungsvorschläge des IH wurden bereits beschrieben. Bei der Auswahl wurde auf einen kostengünstigen Vorschlag geachtet, der dem betriebsüblichen in der Herbizid-Auswahl ähnlich ist, um eine bessere Vergleichbarkeit der Aufwandmenge zu ermöglichen. Für die BÜ-Varianten wurden praxisübliche Herbizid-Mischungen ausgewählt, welche laut Aussage des durchführenden Betriebs in der Region üblich sind und von Pflanzenschutz-Beratern empfohlen wurden. Dabei zeigt sich, dass in der BÜ-Variante meist hohe oder volle Aufwandmengen gewählt werden.

Für die Fläche SAW WG wurde als BÜ-Variante eine Mischung aus Mateno Duo und Cadou mit jeweils voller Aufwandmenge gewählt. Die darin enthaltenen Wirkstoffe sind Aclonifen, Diflufenican und Flufenacet.

Dies sind dieselben Wirkstoffe, welche auch in der IH-Variante enthalten sind. In der IH-Variante wurde statt dem Cadou SC das Herold SC eingesetzt, welches beides Flufenacet enthält. Im Herold ist zusätzlich noch Diflufenican enthalten. Die Menge des Aclonifen ist in der IH-Variante im Vergleich um 70 % reduziert, die des Flufenacet um etwa 40 %. Die Aufwandmenge des Diflufenican wurde allerdings auf im Vergleich etwa 140 % erhöht.

Für die Fläche SAW WW wurde in der BÜ-Variante dieselbe Mischung aus Mateno Duo und Cadou SC, wie auf der Fläche SAW WG ausgewählt. Die Mischung der IH-Variante enthält keines der beiden Herbizide. Die gewählte Mischung ist der IH-Mischung der Fläche SAW WG nicht unähnlich. Es wurden ebenfalls das Herold SC ausgewählt sowie Trinity statt Mateno Duo. In der IH-Variante befinden sich also erneut die Wirkstoffe Flufenacet und Diflufenican aus dem Herold SC sowie zusätzlich aus dem Trinity Pendimethalin und Chlortoluron. Nur Flufenacet und Diflufenican überschneiden sich als Wirkstoffe zwischen den beiden Varianten. In der IH-Variante wurde das Flufenacet um 85 % reduziert und das Diflufenican auf 155 % erhöht.

Für die Fläche SLK WG wurde in der BÜ-Variante Herold SC in der vollen Aufwandmenge sowie Trinity mit 1,6 l/ha ausgewählt. In der IH-Variante wird nur Trinity verwendet. In beiden Varianten kommen also die Wirkstoffe Pendimethalin, Chlortoluron und Diflufenican vor. In der BÜ-Variante ist zusätzlich Flufenacet. In der IH-Variante sind das Pendimethalin und Chlortoluron um 30 % reduziert, das Diflufenican um 75 %.

Bei der Fläche SLK WW wurde für die BÜ-Variante dieselbe Tankmischung, wie für SLK WG ausgewählt aus Trinity und Herold SC. In der IH-Variante wird nur Herold SC verwendet. Dabei wurde das Flufenacet um 70 % reduziert und das Diflufenican um 80 %.

Tabelle 2: Herbizidstrategien der Varianten BÜ=betriebsüblich und IH=InnoHerb auf den Flächen
 SAW WG=Salzwedel-Wintergerste, SAW WW=Salzwedel-Winterweizen, SLK WG=Salzlandkreis-
 Wintergerste und SLK WW=Salzlandkreis-Winterweizen mit verwendeten
 PSM=Pflanzenschutzmittel, deren Aufwandmengen, Wirkstoffe und Wirkstoffmengen

Fläche	Herbizid- Variante	PSM	PSM- Menge in l	max. zuge- lassene Aufwand- menge in l	Wirkstoff	Wirkstoff- Menge in l
SAW WG	BÜ	Mateno Duo	0,35	0,35	Aclonifen	175
					Diflufenican	35
		Cadou SC	0,24	0,24	Flufenacet	122
	IH	Mateno Duo	0,1	0,35	Aclonifen	50
					Diflufenican	10
		Herold SC	0,19	0,5	Flufenacet	76
SAW WW	BÜ				Diflufenican	38
		Mateno Duo	0,35	0,35	Aclonifen	175
		Cadou SC	0,24	0,24	Flufenacet	122
	IH	Trinity	1,1	2	Pendimethalin	330
					Chlortoluron	275
					Diflufenican	44
		Herold SC	0,05	0,5	Flufenacet	20
					Diflufenican	10
SLK WG	BÜ	Trinity	1,6	2	Pendimethalin	480
					Chlortoluron	400
					Diflufenican	64
		Herold SC	0,6	0,6	Flufenacet	240
	IH				Diflufenican	120
		Trinity	1,12	2	Pendimethalin	336
					Chlortoluron	280
SLK WW	BÜ				Diflufenican	45
		Trinity	1,6	2	Pendimethalin	480
					Chlortoluron	400
					Diflufenican	64
	IH	Herold SC	0,6	0,6	Flufenacet	240
					Diflufenican	120
		Herold SC	0,165	0,6	Flufenacet	66
					Diflufenican	33

4.2 Forschungshypothesen

In diesem zweiten Teil des Ergebnisteils geht es um die Beantwortung der eingangs aufgestellten Forschungshypothesen mithilfe der Ergebnisse nach der Herbizidbehandlung. Dabei soll zuerst die Erreichung der von IH bestimmten Zielwirksamkeiten überprüft werden, anschließend werden die Wirkungsgrade der beiden Varianten verglichen und zuletzt die Frage beantwortet, ob IH Kosten und BI senken konnte.

4.2.1 Erreichung der Zielwirksamkeiten

Zuerst soll die Frage geklärt werden, ob das Programm IH seine berechneten Zielwirksamkeiten erreichen kann. Dazu werden die artspezifischen Wirkungsgrade für jedes der Felder der Varianten IH mit den Zielwirksamkeiten verglichen und zusätzlich mit den Wirkungsgraden der BÜ-Variante in Relation gebracht.

Die Wirkungsgrade sind jeweils einmal mithilfe der Daten der Anzahl der bonitierten Begleitflora-Pflanzen und der Bedeckung durch diese getrennt berechnet. Zur Berechnung des Wirkungsgrades wird das Vorkommen in den BÜ- bzw. IH-Parzellen mit dem Vorkommen in den NV-Parzellen, die keine Herbizid-Behandlung erhalten haben in Relation gesetzt. Dabei kann der Wirkungsgrad nur für Arten berechnet werden, welche auch noch in der

In Abbildung 19 sind der Zielwirkungsgrad von IH und die tatsächlich erreichten Wirkungsgrade der Varianten BÜ und IH für die Fläche SAW WG abgebildet. Auf dieser Fläche konnte die IH-Variante auf Basis der Anzahl an Begleitflora-Pflanzen/m² all seine Zielwirksamkeiten erreichen und übertreffen. Bis auf bei der Zottigen Wicke betrug der Wirkungsgrad bei allen Arten mindestens 92 %. Die Wirkungsgrade der BÜ-Variante waren bei allen Arten, außer den Storchschnabel-Arten, ebenfalls höher, als die Zielwirksamkeit von IH. Bei den Storchschnabel-Arten erreichte die BÜ-Variante nur einen Wirkungsgrad von 82 %, statt der Zielwirksamkeit von 87 %. Die BÜ-Variante konnte bei drei Arten einen Wirkungsgrad von über 90 % erreichen. Bis auf bei der gewöhnlichen Vogelmiere waren die Wirkungsgrade der IH-Variante bei allen Arten höher, als die der BÜ-Variante.

Auch auf Basis der Bedeckung durch Begleitflora konnte die IH-Variante die Zielwirksamkeit für alle Arten erreichen. Der Wirkungsgrad bei der Zottigen Wicke war 90 %, bei allen anderen Arten erreichte die IH-Variante Wirkungsgrade von 97 % und höher. Die BÜ-Variante konnte die Zielwirksamkeiten ebenfalls bei allen Arten erreichen. Bei der Zottigen Wicke erreichte die Variante einen Wirkungsgrad von 87 %, bei Hederich von 82 %. Beim Rest der Arten wurde ein Wirkungsgrad von 95 % und höher erreicht. Bei vier Arten war der Wirkungsgrad der IH-Variante höher, als der der BÜ-Variante.

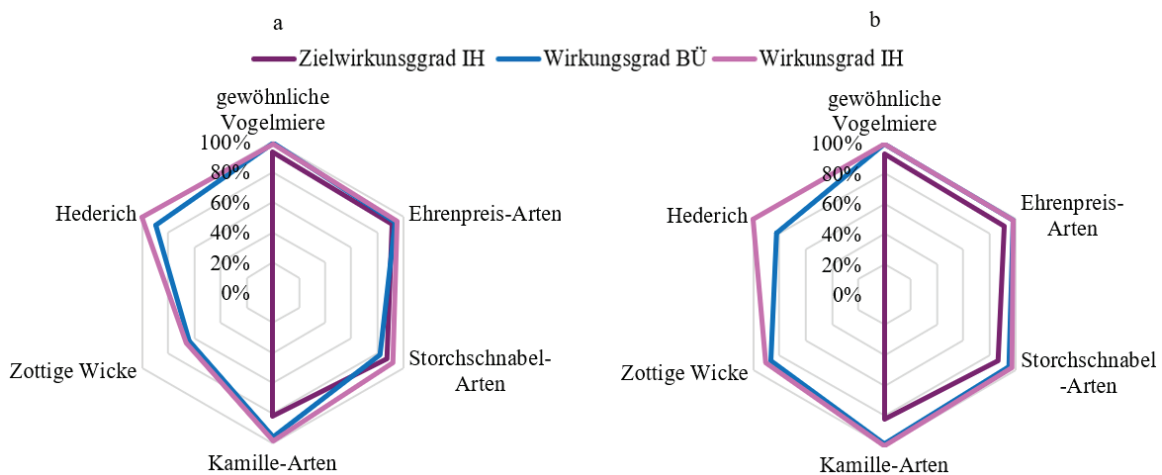


Abbildung 19: Wirkungsgrad der Varianten IH=InnoHerb und BÜ=betriebsüblich bei der Bekämpfung einzelner Begleitflora-Arten auf der Fläche Salzwedel-Wintergerste nach a: Anzahl der Begleitflora-Pflanzen je m² und b: Bedeckung durch Begleitflora sowie Zielwirkungsgrad von InnoHerb

Die artspezifischen Wirkungsgrade und Zielwirksamkeit für die Fläche SAW WW sind in Abbildung 20 dargestellt. Mithilfe der Anzahl der Begleitflora-Pflanzen/m² hat die IH-Variante die Zielwirksamkeiten bei allen Arten erreicht. Die Wirkungsgrade bei Acker-Schmalwand und Hederich waren bei 83 % und 86 %. Für die restlichen Arten war der Wirkungsgrad bei 98 % bis 100 %. Auch die BÜ-Variante hat die Zielwirksamkeiten bei allen Arten erreicht. Die Wirkungsgrade waren bei sechs Arten bei 100 %, bei den anderen Arten bei 94 % und höher. Die Wirkungsgrade der BÜ-Variante waren bei zwei Arten höher und die der IH-Variante bei drei Arten. Nur die Arten Acker-Stiefmütterchen, Kamille-Arten, Ehrenpreis-Arten und Gewöhnliche Vogelmiere treten mit fünf Pflanzen/m² und mehr auf. Der Wirkungsgrad der IH-Variante und der BÜ-Variante mithilfe der Bedeckung berechnet, erreicht alle Zielwirksamkeiten. Der Wirkungsgrad der IH-Variante ist für Acker-Schmalwand bei 88 % und für Hederich bei 90 %. Bei den anderen Arten ist der Wirkungsgrad 99 % bzw. 100 %. Der Wirkungsgrad der BÜ-Variante ist bei Ehrenpreis bei 93 %, für Kamille-Arten bei 98 % und für Gewöhnliche Vogelmiere bei 99 %. Bei den anderen Arten beträgt der Wirkungsgrad 100 %. Drei der Wirkungsgrade der IH-Variante sind höher, als die der BÜ-Variante und zwei Wirkungsgrade der BÜ-Variante sind höher, als die der IH-Variante. Die Wirkungsgrade für die vorkommenden Arten für das Feld SLK WG sind in der Abbildung 21 dargestellt. Die Wirkungsgrade der IH-Variante konnten bei den Arten Acker-Hellerkraut und Kletten-Labkraut die Zielwirksamkeit von 75 % bzw. 70 % nicht erreichen. Bei vier Arten wurde ein Wirkungsgrad von 100 % erreicht, bei vier Arten war der Wirkungsgrad unter 80 %.

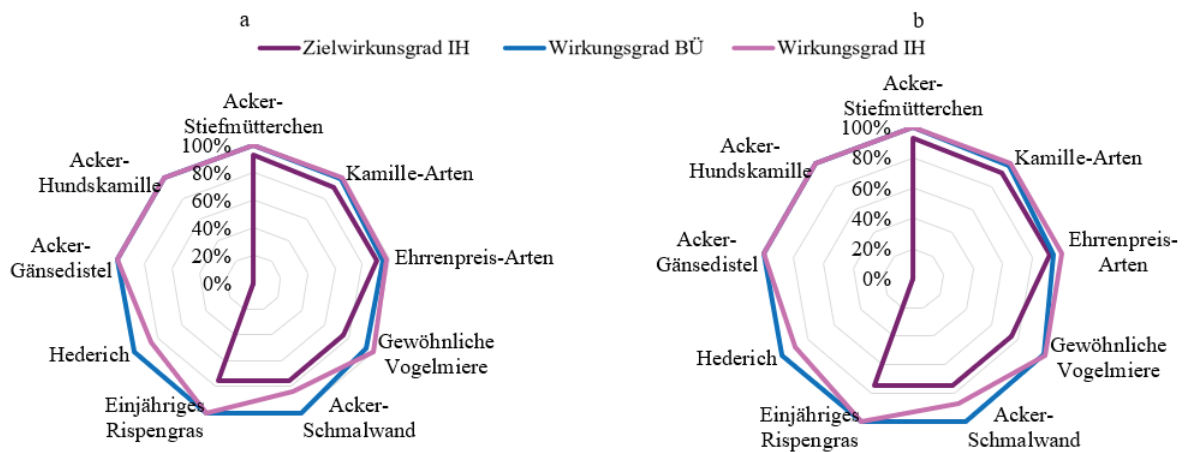


Abbildung 20: Wirkungsgrad der Varianten IH=InnoHerb und BÜ=betriebsüblich bei der Bekämpfung einzelner Begleitflora-Arten auf der Fläche Salzwedel-Winterweizen nach a: Anzahl der Begleitflora-Pflanzen je m² und b: Bedeckung durch Begleitflora sowie Zielwirkungsgrad von InnoHerb

Die BÜ-Variante konnte bei allen Arten die Zielwirksamkeit erreichen. Bei Acker-Vergissmeinnicht erreichte sie einen Wirkungsgrad von 72 %, bei Acker-Hellerkraut von 82 %. Die Wirkungsgrade für Gewöhnliche Vogelmiere und Kamille-Arten betrugen 94 % und 92 %, für die restlichen Arten betrug er 100 %. Zwei der Wirkungsgrade der IH-Variante waren höher, als die der BÜ-Variante, umgekehrt waren vier Wirkungsgrade von BÜ höher. Bei den Arten mit niedrigem Wirkungsgrad traten nur wenige Pflanzen/m² auf. Von Kletten-Labkraut und Ehrenpreis-Arten wurden in den NV-Parzellen durchschnittlich nur 0,5 Pflanzen/m² bonitiert, von Acker-Hellerkraut und Acker-Hundskamille 2,8 Pflanzen/m.

Die Wirkungsgrade der IH-Variante mit der Bedeckung berechnet konnte nur beim Kletten-Labkraut die Zielwirksamkeit nicht einhalten. Bei Kletten-Labkraut betrug der Wirkungsgrad 0 %, bei den Ehrenpreis-Arten 33 %. Bei allen anderen Arten waren die Wirkungsgrade 88 % und höher. Die Wirkungsgrade der BÜ-Variante erreichten die Zielwirksamkeit für alle Arten. Der Wirkungsgrad der BÜ-Variante war bei Acker-Vergissmeinnicht bei 87 %, bei allen anderen Arten wurden Wirkungsgrade von 94 % und höher erreicht. Vier der Wirkungsgrade der IH-Variante waren höher, als die der BÜ-Variante und vier der BÜ-Variante waren höher, als die der IH-Variante.

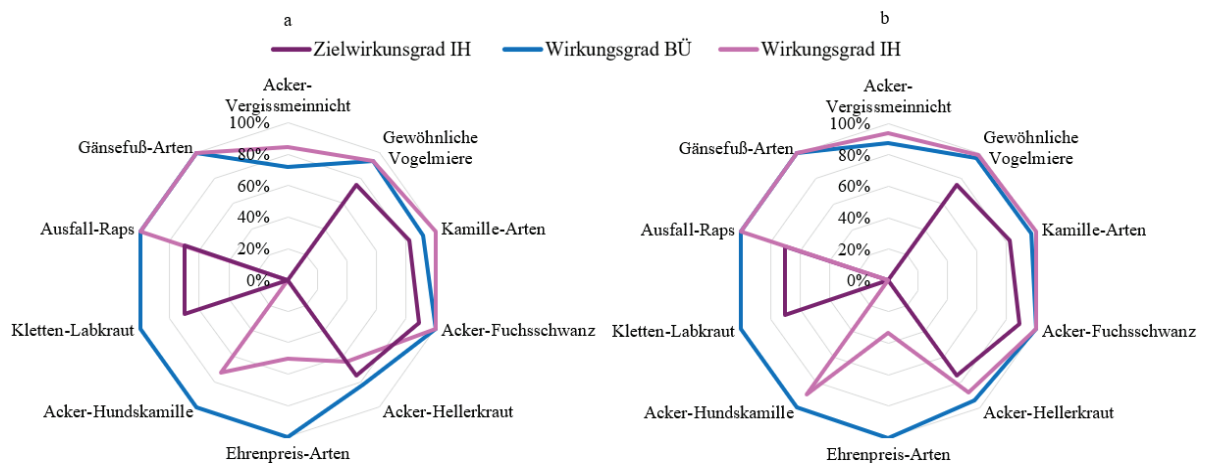


Abbildung 21: Wirkungsgut der Varianten IH=InnoHerb und BÜ=betriebsüblich bei der Bekämpfung einzelner Begleitflora-Arten auf der Fläche Salzlandkreis-Wintergerste nach a: Anzahl der Begleitflora-Pflanzen je m² und b: Bedeckung durch Begleitflora sowie Zielwirkungsgut von InnoHerb

4.2.2 Ergebnisse Wirkungsbonitur und Wirkungsgut der Varianten

Nun werden zuerst die Ergebnisse der Wirkungsbonitur und anschließend die Wirkungsgrade der Herbizidvarianten dargestellt. Vier Wochen nach der Herbizidbehandlung wurde nochmals bonitiert und die Anzahl an Begleitflora-Pflanzen, deren Entwicklungsstadium und Bedeckung erhoben.

In Abbildung 22 ist die Anzahl der Begleitflora-Pflanzen in den verschiedenen Herbizid-Varianten NV, BÜ und IH auf den vier Flächen dargestellt. Es ist, wie schon bei der Ausgangsbonitur, ein deutlicher Unterschied zwischen den Standorten SAW und SLK zu sehen, vor allem in der NV. Auf der Fläche SAW WG sind in der NV durchschnittlich 444 Begleitflora-Pflanzen/m² bonitiert worden, auf der Fläche SAW WW 329 Begleitflora-Pflanzen/m². Im Gegensatz zur Ausgangsbonitur sind in der Wirkungsbonitur auf der Fläche SAW WG mehr Begleitflora-Pflanzen/m², als auf der Fläche SAW WW. Auf der Fläche SAW WG hat sich die Anzahl der Begleitflora-Pflanzen/m² um über 180 Pflanzen/m² erhöht. Auf der Fläche SAW WW sind hingegen durchschnittlich 17 Pflanzen/m² weniger, als in der Ausgangsbonitur erfasst.

Auf der Fläche SAW WG konnte der Besatz mit Begleitflora in der BÜ-Variante von 444 Pflanzen/m² in der NV-Variante auf durchschnittlich 24 Pflanzen/m² reduziert werden. In der IH-Variante wurde die Anzahl auf 32 Pflanzen/m² reduziert. Für die Anzahl der Pflanzen/m² in der BÜ- und IH-Variante konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Varianten festgestellt werden. Zwischen der Anzahl der Begleitflora-Pflanzen in den beiden PS-Varianten und der NV besteht ein signifikanter Unterschied. Bei beiden Unterschieden ergibt sich ein großer Effekt.

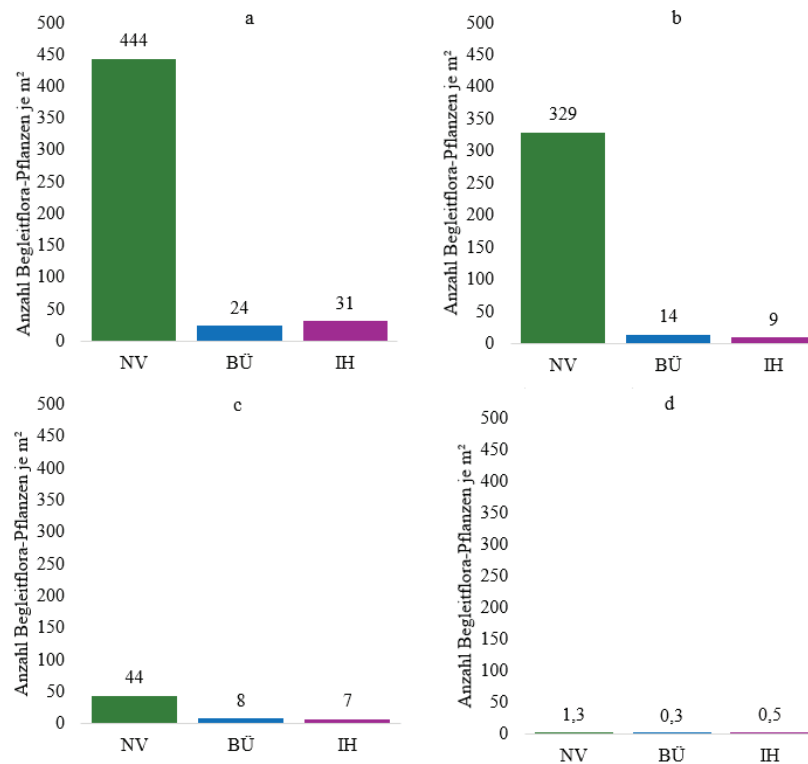


Abbildung 22: Anzahl der Begleitflora-Pflanzen je m² in den drei Varianten NV=Nullvariante ohne Herbizid, BÜ=betriebsüblich, IH=InnoHerb auf den Flächen a: Salzwedel-Wintergerste, b: Salzwedel-Winterweizen, c: Salzlandkreis-Wintergerste und d: Salzlandkreis Winterweizen

Auf der Fläche SAW WW wurde die Anzahl der Begleitflora-Pflanzen von 329 Pflanzen/m² in der NV-Variante auf 14 Pflanzen/m² und in der IH-Variante auf neun Pflanzen/m² reduziert. Zwischen der Anzahl der Pflanzen/m² der BÜ- und der IH-Variante konnte keine Signifikanz bestätigt werden. Der Effekt dazu ist mittel. Der Unterschied zwischen den beiden PS-Varianten und der NV ist signifikant. Der Effekt ist groß. In allen drei Varianten sind auf der Fläche SAW WW weniger Pflanzen bonitiert worden, als in den entsprechenden Varianten auf der Fläche SAW WG.

Auf den beiden Flächen am Standort SLK ist ein deutlich geringerer Besatz an Begleitflora-Pflanzen in den NV-Varianten bonitiert worden. Auf der Fläche SLK WG wurden 44 Begleitflora-Pflanzen/m² und auf der Fläche SLK WW 1,3 Pflanzen/m² gezählt. Diese Werte unterscheiden sich nur geringfügig zu denen der Ausgangsbonitur.

Auf der Fläche SLK WG konnte die Anzahl der Begleitflora-Pflanzen auf acht Pflanzen/m² und in der IH-Variante auf sieben Pflanzen/m² reduziert werden. Der Unterschied der Anzahl der Pflanzen/m² zwischen den Varianten BÜ und IH ist nicht signifikant. Der Effekt ist klein. Der Unterschied zwischen den PS-Varianten und der NV in Bezug auf die Anzahl der Pflanzen/m² ist signifikant. Der Effekt ist groß.

Auf der Fläche SLK WW wurde die Anzahl in der BÜ-Variante auf 0,3 Pflanzen/m² und in der IH-Variante auf 0,5 Pflanzen/m² reduziert. Der Unterschied in der Anzahl der Pflanzen/m² ist nicht signifikant. Der Effekt ist klein. Der Unterschied zwischen den PS-Varianten und der NV ist ebenfalls nicht signifikant. Der Effekt ist sehr klein.

In Abbildung 23 ist die Bedeckung durch Begleitflora in den drei Varianten auf den Flächen abgebildet. Auf der Fläche SAW WG ist mit Abstand die höchste Bedeckung mit 15 % bonitiert worden. Die Bedeckung konnte in der BÜ-Variante auf 0,4 % und in der IH-Variante auf 0,3 % reduziert werden. Die Bedeckung der BÜ und IH-Varianten unterscheiden sich nicht signifikant. Der Effekt ist klein.

Die Bedeckung der PS-Varianten und der NV unterscheiden sich signifikant. Der Effekt ist groß. Die Bedeckung auf dieser Fläche war zur Ausgangsbonitur noch unter 1 %.

Ursächlich für Bedeckung waren etwa zur Hälfte Individuen der Gewöhnlichen Vogelmiere mit fortgeschrittener Entwicklung. Weiterhin hatten auch Acker-Stiefmütterchen und Ehrenpreis-Arten einen großen Einfluss auf die Bedeckung.

Auf der Fläche SAW WW wurde in der NV eine Bedeckung von knapp 6 % bonitiert. Zur Ausgangsbonitur betrug die Bedeckung noch unter 3 %. In der BÜ-Variante wurde die Bedeckung auf 0,2 % und in der IH-Variante auf 0,1 % reduziert. Der Unterschied zwischen der Bedeckung in der BÜ- und der IH-Variante ist nicht signifikant. Der Effekt ist klein.

Der Unterschied zwischen den PS-Varianten und der NV ist statistisch signifikant. Der Effekt ist groß.

Auf der Fläche SLK WG wurde in der NV eine Bedeckung von 1,8 % bonitiert. Zum Zeitpunkt der Ausgangsbonitur betrug die Bedeckung mit 0,5 % etwas weniger. In der BÜ-Variante wurde eine Bedeckung von 0,1 % und in der IH-Variante von 0,2 % bonitiert. Der Unterschied zwischen der Bedeckung der BÜ- und der IH-Variante ist nicht signifikant. Der Effekt ist klein. Der Unterschied zwischen der Bedeckung der PS-Varianten und der NV ist signifikant. Der Effekt ist groß.

Auf der Fläche SLK WW war die Bedeckung in allen Varianten unter 0,1 %. In der BÜ-Variante wurde ein niedrigerer Wert, als in der NV bonitiert, in der IH-Variante war die Bedeckung am höchsten. Der Unterschied der Bedeckung zwischen der BÜ- und der IH-Variante ist nicht signifikant. Der Effekt ist klein. Der Unterschied der Bedeckung zwischen den PS-Varianten und der NV ist nicht signifikant. Der Effekt ist sehr klein.

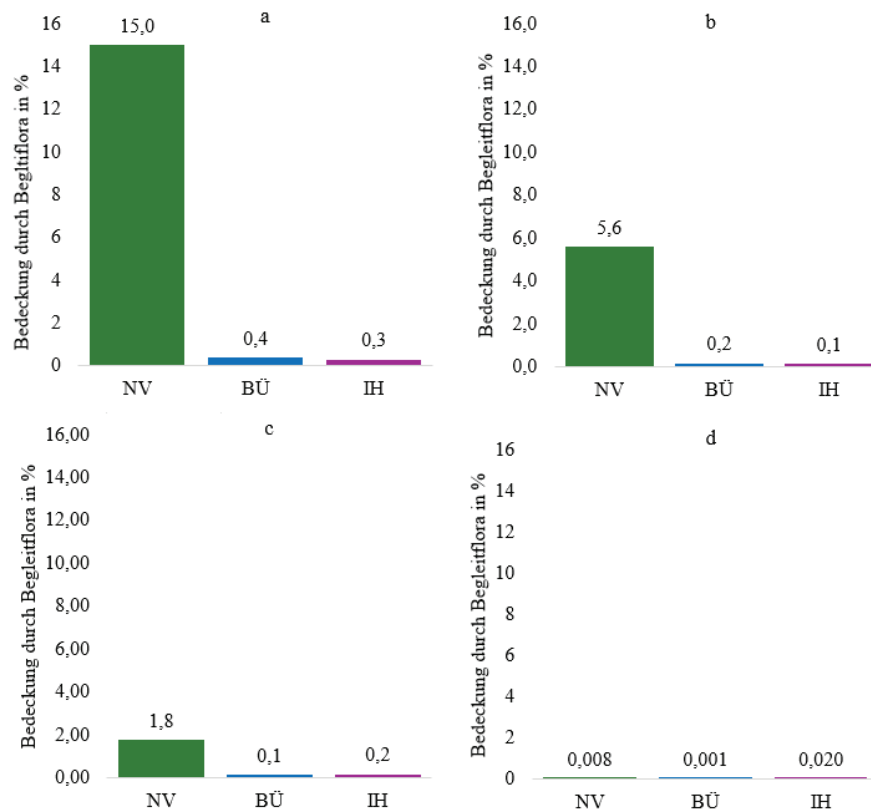


Abbildung 23: Bedeckung durch Begleitflora in den drei Varianten NV=Nullvariante ohne Herbizid, BÜ=betriebsüblich, IH=InnoHerb auf den Flächen a: Salzwedel-Wintergerste, b: Salzwedel-Winterweizen, c: Salzlandkreis-Wintergerste und d: Salzlandkreis Winterweizen

In Tabelle 3 sind die Wirkungsgrade der Varianten BÜ und IH, berechnet nach Anzahl und Bedeckung sowie die zugehörigen Standardabweichungen und Spannweiten für die vier Flächen und als Durchschnitt der Flächen aufgeführt.

Für die Fläche SAW WG sind alle Wirkungsgrade 93 % und höher. Der Wirkungsgrad nach der Anzahl der Begleitflora-Pflanzen/m² der BÜ-Variante ist mit 95 % höher, als der der BÜ-Variante mit 93 %. Dieser Unterschied ist statistisch nicht signifikant. Der Effekt ist groß. Die Wirkungsgrade der Bedeckung sind in beiden Varianten bei 98 %. Der Unterschied ist nicht signifikant. Der Effekt ist klein. Die Standardabweichung ist für diese Fläche bei allen Wirkungsgraden maximal 2. Auch die Spannweite ist mit maximal 4 recht gering. Für die Fläche SAW WW sind die Wirkungsgrade über 96 %. Der Wirkungsgrad der IH-Variante ist nach Anzahl und Bedeckung jeweils um ein Prozent höher, als der der BÜ-Variante. Der Unterschied des Wirkungsgrads nach Anzahl der BÜ- und IH-Variante ist nicht signifikant. Der Effekt ist klein. Der Unterschied zwischen dem Wirkungsgrad nach Bedeckung der Varianten BÜ und IH ist nicht signifikant. Der Effekt ist klein. Die Standardabweichungen sind ähnlich niedrig, wie bei SAW WG. Die Spannweite ist mit maximal 6 ein wenig höher, als bei SAW WG.

Die Wirkungsgrade der IH-Varianten ist bei der Fläche SLK WG nach Anzahl und Bedeckung höher, als die der BÜ-Variante. Nach der Anzahl ist der Wirkungsgrad der BÜ-Variante 82 % und der IH-Variante 84 %. Dieser Unterschied ist nicht signifikant. Der Effekt ist klein. Die Standardabweichung ist 12 bzw. 10 und die Spannweite in der BÜ-Variante bei 27 und bei der IH-Variante bei 21, vielleicht ist der Unterschied zwischen Wirkungsgraden deshalb nicht überzubewerten. Der Wirkungsgrad nach Bedeckung der BÜ-Variante liegt bei 93 %, der der IH-Variante bei 98 %. Dieser Unterschied ist nicht signifikant. Der Effekt ist groß. Die Standardabweichung liegt bei sechs und zehn, die Spannweite bei 13 und 21.

Die Wirkungsgrade der BÜ-Variante auf der Fläche SLK WW sind deutlich höher, als die der IH-Variante. Die Wirkungsgrade nach Anzahl sind bei der BÜ-Variante 80 % und bei der IH-Variante 60 %. Dieser Unterschied ist nicht signifikant. Der Effekt ist klein. Die Wirkungsgrade nach Bedeckung sind bei der BÜ-Variante 83 % und bei der IH-Variante 58 %. Dieser Unterschied ist nicht signifikant. Der Effekt ist klein. Die Standardabweichungen sind bei 16-28 und die Spannweiten bei 80 und 100. Durch den sehr geringen Begleitflora-Besatz und die hohen Standardabweichungen und Spannweiten sind die Wirkungsgrade vermutlich als nicht sehr aussagekräftig einzustufen. Die Wirkungsgrade der Bedeckung sind tendenziell etwas höher, als die der Anzahl.

Dies könnte möglicherweise daran liegen, dass in den Wochen nach der Herbizidbehandlung wieder neue Begleitflora-Pflanzen keimen und bonitiert wurden, die Bedeckung durch diese Pflanzen allerdings noch gering ist. Die Standardabweichung und Spannweite sind am Standort SLK höher, als am Standort SAW, besonders bei der Fläche SLK WW sind sie hoch. Dieser Effekt kann am unterschiedlich hohen Begleitflora-Besatz an den Standorten liegen. Kleinere Unterschiede zwischen den Parzellen machen bei den geringeren Werten einen höheren Ausschlag im Wirkungsgrad.

Die Wirkungsgrade aller Flächen gemittelt sind nach Anzahl und Bedeckung bei der BÜ-Variante um 5 % höher, als bei der IH-Variante. Der Wirkungsgrad nach Anzahl der BÜ-Variante lag bei 88 % und der nach Bedeckung bei 93 %. Der Unterschied des Wirkungsgrades nach Anzahl der BÜ- und IH-Varianten ist nicht signifikant. Der Effekt ist sehr klein. Der Unterschied des Wirkungsgrades nach Bedeckung zwischen den BÜ- und IH-Varianten ist nicht signifikant. Der Effekt ist sehr klein. Die Standardabweichungen liegen zwischen 16 und 28 und die Spannweiten sind 67 bis 100. Wenn man die Werte der Fläche SLK WW aus dem Mittelwert ausschließt, aufgrund fehlender Plausibilität, sind die Wirkungsgrade höher und die Standardabweichungen und Spannweiten sind deutlich geringer. Die Standardabweichungen verringern sich auf vier bis neun und die Spannweiten auf 15 bis 30. Die

Wirkungsgrade der BÜ- und IH-Varianten nach Anzahl waren 91 % und die Wirkungsgrade nach Bedeckung bei der BÜ-Variante 96 % und bei der IH-Variante 98 %. Die Wirkungsgrade nach Anzahl unterscheiden sich dann nicht signifikant mit sehr kleinem Effekt. Die Wirkungsgrade nach Bedeckung unterscheiden sich nicht signifikant. Der Effekt ist mittel. Es ist allerdings zu diskutieren, ob die Fläche SLK aufgrund der hohen Standardabweichungen und Spannweiten nicht auch aus dem Mittel ausgeschlossen werden sollte.

Tabelle 3: Wirkungsgrad nach der Anzahl der Begleitflora-Pflanzen und nach der Bedeckung in % der Varianten BÜ=betriebsüblich und IH=InnoHerb für die Flächen SAW WG=Salzwedel-Wintergerste, SAW WW=Salzwedel-Winterweizen, SLK WG=Salzlandkreis-Wintergerste und SLK WW=Salzlandkreis-Winterweizen sowie deren Standardabweichungen und Spannweiten

	SAW WG	SAW WW	SLK WG	SLK WW	gesamt	gesamt ohne SLK WW
Wirkungsgrad (Anzahl) in % BÜ	95	96	82	80	88	91
Standardabweichung	2	3	12	40	20	9
Spannweite	4	6	27	80	80	30
Wirkungsgrad (Anzahl) in % IH	93	97	84	60	83	91
Standardabweichung	1	1	10	46	26	8
Spannweite	2	2	21	80	80	21
Wirkungsgrad (Bedeckung) in % BÜ	98	97	93	83	93	96
Standardabweichung	1	2	6	34	16	4
Spannweite	2	5	13	67	67	15
Wirkungsgrad (Bedeckung) in % IH	98	98	98	58	88	98
Standardabweichung	0	2	10	50	28	6
Spannweite	0	3	21	100	100	21

Der Wirkungsgrad nach Anzahl der IH-Variante zwischen den Standorten SAW und SLK ist nicht signifikant, der Effekt ist klein. Der Wirkungsgrad nach Bedeckung der IH-Variante zwischen den Standorten ist nicht signifikant. Der Effekt ist sehr klein. Der Wirkungsgrad nach Anzahl der IH-Variante zwischen den Kulturen WG und WW unterscheidet sich nicht signifikant. Der Effekt ist klein. Der Wirkungsgrad nach Bedeckung der IH-Variante zwischen den Kulturen WG und WW unterscheidet sich nicht signifikant. Der Effekt ist sehr klein. Der Wirkungsgrad nach Anzahl der BÜ-Variante zwischen den Standorten SAW und SLK ist nicht signifikant. Der Effekt ist klein. Der Wirkungsgrad nach Bedeckung der BÜ-Variante zwischen den Standorten SAW und SLK unterscheidet sich nicht signifikant. Der Effekt ist klein. Der Wirkungsgrad nach Anzahl der BÜ-Variante zwischen den Kulturen WG und WW unterscheidet sich signifikant. Der Effekt ist mittel. Der Wirkungsgrad nach Bedeckung der BÜ-Variante zwischen den Kulturen WG und WW unterscheidet sich nicht signifikant. Der Effekt ist mittel.

4.2.3 Kosten und Behandlungsindex der Variante

Eine gesteigerte Effizienz beim Herbizideinsatz kann neben einem möglichen ökologischen Vorteil auch eine Kostensenkung für landwirtschaftliche Betriebe darstellen. In Abbildung 24 sind die Kosten der verschiedenen Herbizidstrategien BÜ und IH für die vier Flächen abgebildet. Die verwendeten Preise der PSM sind Angaben des durchführenden Betriebs zum Zeitpunkt der Herbizidanwendung. An einem Standort sind die Kosten der BÜ-Anwendung jeweils gleich teuer, da die selbe Tankmischung angewendet wurde. Die Kosten der BÜ-Variante am Standort SLK ist mit 57 €/ha etwa doppelt so teuer, als am Standort SAW mit 26 €/ha. Bei den Flächen am Standort SAW sind die Kosteneinsparungen in der IH-Variante geringer, als am Standort SLK. Bei der Fläche SAW WG konnte keine Einsparung erzielt werden, bei der Fläche SAW WW knapp 30 % auf 19 €/ha. Die IH-Variante am Standort SLK ist um 72 % bzw. 84 % günstiger, als die BÜ-Variante. Die Kosten der IH-Variante liegen bei SLK WG bei 16 €/ha bzw. 9 €/ha bei SLK WW. Der Unterschied zwischen den Kosten der IH-Varianten und den BÜ-Varianten ist laut dem Mann-Whitney U-Test signifikant. Der Effekt ist groß.

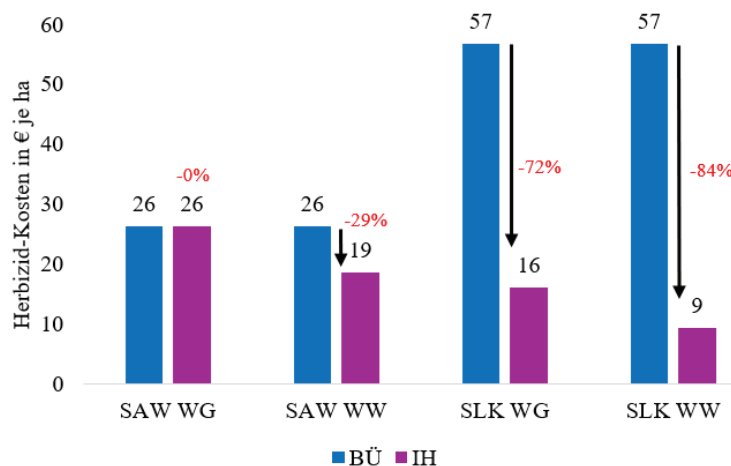


Abbildung 24: Herbizid-Kosten in €/ha und Kosten-Reduktion durch InnoHerb der beiden Varianten BÜ=betriebsüblich und IH=InnoHerb für die Flächen SAW WG=Salzwedel-Wintergerste, SAW WW=Salzwedel-Winterweizen, SLK WG=Salzlandkreis-Wintergerste und SLK WW=Salzlandkreis-Winterweizen

Mit der Reduktion der Aufwandmenge in der IH-Variante wird gleichzeitig der BI reduziert. In Abbildung 25 sind die BI der Varianten BÜ und IH auf den vier Flächen abgebildet. Der BI am Standort SAW beträgt zwei, da zwei Herbizide in voller Aufwandmenge auf der gesamten Fläche angewendet wurden. Der BI am Standort SLK ist mit 1,8 etwas verringert, da eines der verwendeten zwei Herbizide in 80 % der vollen Aufwandmenge und das zweite in voller Aufwandmenge eingesetzt wurde. Alle der BI der IH-Varianten sind unter 0,7. Der BI der IH-Variante für die Fläche SAW WG betrug 0,67, für die Fläche

SAW WW 0,65, für die Fläche SLK WG 0,56 und für die Fläche SLK WW 0,28. Die BI der IH-Varianten sind auf drei der Flächen um 67-69 % geringer, als die der BÜ-Varianten, bei der Fläche SLK WW sogar um 85 % geringer. Der Unterschied zwischen den Kosten der BÜ- und IH-Varianten unterscheiden sich laut dem Mann-Whitney U-Test signifikant. Der Effekt ist groß.

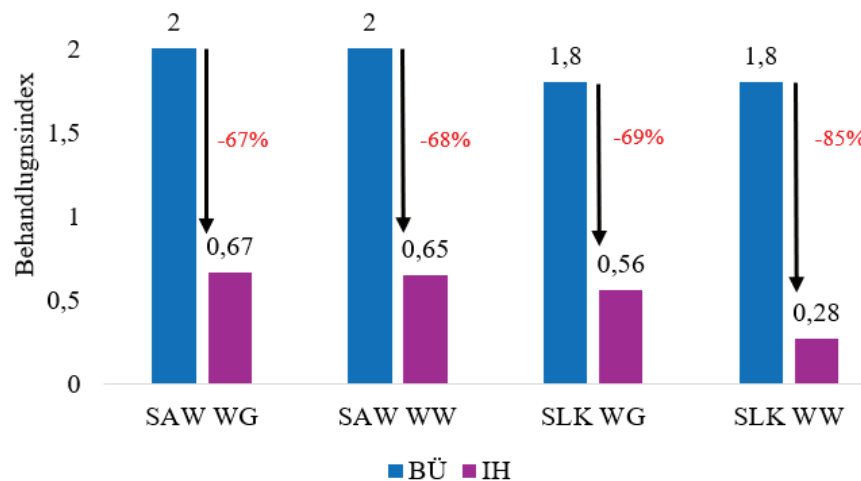


Abbildung 25: Behandlungsindex der beiden Varianten BÜ=betriebsüblich und IH=InnoHerb für die Flächen SAW WG=Salzwedel-Wintergerste, SAW WW=Salzwedel-Winterweizen, SLK WG=Salzlandkreis-Wintergerste, SLK WW=Salzlandkreis-Winterweizen sowie die Reduktion des BI in der IH-Variante

5 Diskussion und Fazit

Im letzten Kapitel werden die entstandenen Ergebnisse mithilfe der zuvor dargelegten Informationen diskutiert und letztlich zu einem Fazit zur Anwendung der Entscheidungshilfe IH in der landwirtschaftlichen Praxis gekommen.

5.1 Diskussion

In diesem Feldversuch konnte festgestellt werden, dass das Programm IH seine Zielwirksamkeiten auf drei der vier Flächen für alle Arten erreicht. Nur auf der Fläche SLK WG konnte die Zielwirksamkeit bei Acker-Hellerkraut und Kletten-Labkraut nicht erreicht werden. Bei Kletten-Labkraut wurden statt der geplanten 70% nur 0 % erreicht. Bei Acker-Hellerkraut wurden statt der geplanten 75 % nur 64 % erreicht. Beim Acker-Hellerkraut wurde der Zielwirkungsgrad allerdings nur beim Wirkungsgrad nach der Anzahl der Begleitflora-Pflanzen/m² nicht erreicht. Bei Berechnung des Wirkungsgrades mithilfe der Bedeckung durch Begleitflora wurde die Zielwirksamkeit erreicht. Beim Kletten-Labkraut waren durchschnittlich nur 0,5 Pflanzen/m² in der NV bonitiert. Es führte eine Pflanze/m², welche in der IH-Variante bonitiert wurde, zum schlechten Wirkungsgrad. An dieser Stelle ist also fraglich, wie aussagekräftig der Wirkungsgrad ist. Allerdings ist die Schadschwelle des Kletten-Labkrauts bei 0,1 Pflanzen/m² (Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus, 2024b) und war auf dieser Fläche überschritten. Nach der Behandlung ist sie in der IH-Variante erneut überschritten. Die bonitierten Pflanzen waren außerdem schon sehr weit entwickelt, weshalb davon ausgegangen werden kann, dass sie nicht erst kurz vor der Wirkungsbonitur gekeimt sind. Im Gegensatz zur IH-Variante, waren die Zielwirksamkeiten bei diesen Arten in der BÜ-Variante erreicht.

Grundsätzlich sind die Wirkungsgrade am Standort SLK als teils kritisch zu betrachten, da häufig sehr geringe Werte bei der Bonitur bestimmt wurden, welche sehr schnell zu großen Ausschlägen in der Wirkung führte. Aus diesem Grund wurde die Fläche SLK WW aus einigen der Betrachtungen genommen, da dort fast keine Begleitflora bonitiert wurde.

Insgesamt konnte nicht klar festgestellt werden, dass eine der beiden Herbizidvarianten einen höheren Wirkungsgrad aufweist. Unter Einbeziehung aller vier Felder waren die Wirkungsgrade der BÜ-Variante zwar sowohl nach Anzahl, als auch nach Bedeckung gerechnet, um 5 % höher, als die der IH-Variante, dieser Unterschied ist allerdings statistisch nicht signifikant und die Wirkungsgrade fast alle unter 90 % im Mittel. Bei Ausschluss der Fläche SLK WW wurden höhere Wirkungsgrade erzielt, in beiden Varianten BÜ und IH bei der Berechnung nach Anzahl der Pflanzen 91 %. Bei Berechnung nach der Bedeckung wurden in der BÜ-Variante 96 % und bei der IH-Variante 98 % Wirkungsgrad erreicht.

Auch diese Wirkungsgrade unterscheiden sich nicht signifikant. Von den acht ermittelten feldspezifischen Wirkungsgraden waren einer bei den zwei Varianten gleich, dreimal die BÜ-Variante höher und viermal die IH-Variante höher. In keinem der acht Fälle konnte ein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Außerdem unterscheidet sich der Wirkungsgrad der IH-Variante weder zwischen den Standorten, noch zwischen den Kulturen signifikant. Es kann also nicht eindeutig bestätigt werden, dass IH bei unterschiedlichen Bedingungen, wie Standort oder Kultur unterschiedlich gut funktioniert. In der Tendenz zeigt sich, dass die Wirkungsgrade am Standort SAW höher sind, das trifft aber auch auf die BÜ-Variante zu. Dies könnte möglicherweise an dem geringeren Unkrautbesatz am Standort SLK liegen, wodurch einzelne Pflanzen größere Unterschiede verursachen. Möglicherweise liegt es auch an der verringerten Wirkung von Bodenherbiziden auf dem weniger feinkrümeligen Saatbett. Am Standort SLK befindet sich auch die Fläche SLK WW mit den teils sehr niedrigen Wirkungsgraden, welche möglicherweise durch die extrem wenige Begleitflora gefördert wurde.

Durch die reduzierte Aufwandmenge in der IH-Variante konnten die Kosten auf drei der vier Felder reduziert werden. Besonders stark am Standort SLK mit Reduktionen von 72 % bzw. 84 %. Auf einer Fläche konnten die Kosten um 29 % gesenkt werden und auf einer anderen waren sie genauso hoch, wie die der BÜ-Variante. Diese Kostenreduktion konnte als statistisch signifikant bestätigt werden. Der durchschnittliche landwirtschaftliche Betrieb in Sachsen-Anhalt hatte 2020 etwa 268 ha landwirtschaftliche Nutzfläche (Landesportal Sachsen-Anhalt, o. J.). Es ist in Deutschland davon auszugehen, dass etwa die Hälfte der Ackerfläche mit Getreide bestellt wird (Statistisches Bundesamt, 2025b). Dies entspräche dann etwa 130 ha je Betrieb in Sachsen-Anhalt. Die Herbizidbehandlungen der BÜ-Variante in diesem Versuch haben durchschnittlich 42 €/ha gekostet und die der IH-Variante 18 €/ha. Die einmalige Herbizidanwendung im Herbst kostet dann statt 5460 € nur 2340 €. Dies entspräche auf den theoretischen Betrieb skaliert einer Einsparung von über 3000 € in einer einmaligen Anwendung des Programms.

Der BI konnte in der IH-Variante ebenfalls deutlich gesenkt werden, um 67 %, 68 %, 69 % bzw. 85 %. Auch dieser Unterschied ist statistisch signifikant. Grundsätzlich ist die Aufwandmenge in der IH-Variante nicht immer geringer, als in der BÜ-Variante, sondern vielmehr abhängig von der spezifischen Verunkrautung (Julius Kühn-Institut, o. J.-f). Auf den Flächen SAW WG und SAW WW wurde der Wirkstoff Diflufenican in seiner Aufwandmenge gegenüber der BÜ-Variante sogar erhöht, auf 137 % bzw. 154 %. An diesem Standort trat auch ein deutlicher Besatz an Begleitflora auf.

Dies führt auch zur Frage, wieso eine so geringe Verunkrautung mit insgesamt 2 Pflanzen/m² auf der Fläche SLK WW vom Programm IH als bekämpfungswürdig eingestuft wird. Die Aufwandmenge des eingesetzten Herbizids Herold SC wurde dabei allerdings sehr deutlich reduziert. Dennoch wird häufig betont, dass eine geringe Verunkrautung toleriert werden kann (Julius Kühn-Institut, o. J.-b; Sønderkov et al., 2015). Lediglich Kamille-Arten traten in einer Häufigkeit von 0,9 Pflanzen/m² auf der Fläche auf. Die Schadschwelle beträgt 3-5 Pflanzen/m² (Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus, 2024a). Hier zeigt sich also möglicherweise, dass das Programm IH immer eine Bekämpfung der Begleitflora vorschlägt und nicht wie beschrieben, nur dann wenn es notwendig ist.

Falls die Möglichkeit der Vorauswahl der PSM nicht genutzt wird, kann nur bedingt geplant werden, welche PSM benutzt und damit möglicherweise erst besorgt oder eingekauft werden müssen. Somit besteht die Möglichkeit, dass durch den Zeitverzug, der durch die Anschaffung des PSM besteht, die Boniturdaten und die empfehlende Herbizidmischung zum Zeitpunkt der Ausbringung nicht mehr aktuell sind. Allerdings wurden in diesem Versuch meist eine große Auswahl an Tankmischungen empfohlen, sodass immer eine genutzt werden konnte, bei der es nicht notwendig war zusätzliche PSM zu beschaffen.

Die Bonitur der Begleitflora in der hier angewendeten Art und Weise nahm pro Feld je nach Vorkommen teils mehrere Tage in Anspruch. Dies ist ein erheblicher Zeitaufwand, der in der landwirtschaftlichen Praxis nicht realisierbar ist. Um das Verfahren in die Praxis übertragbar zu machen müsste eine einfachere und damit schnellere Vorgehensweise gewählt werden. Dies könnte beispielsweise eine technologische Lösung sein, die mit Künstlicher Intelligenz die Arten durch ein Foto erkennen kann, wie es offenbar auch bereits geplant ist (Bückmann et al., o. J.; Rydahl, Helps, et al., 2022, S. 4).

Neben der durch den Zeitaufwand schlechten Übertragbarkeit in die Praxis hat die aufwändige Bonitur eine weitere Folge. In der Zeit, welche von Beginn der Bonitur auf einem Feld bis zur Ausbringung der jeweiligen PSM wächst die Flora weiter. Dies bedeutet, dass die laut IH empfohlene Mischung zum Zeitpunkt der Ausbringung möglicherweise schon nicht mehr aktuell ist. Verstärkt wird dieser Effekt noch, wenn es die Witterung nicht erlaubt die Anwendung durchzuführen. Die Anwendung von IH kann im Herbst die teils bereits engen Zeitfenstern, in denen die Befahrbarkeit und Witterung für die Herbizidanwendung angemessen sind, zusätzlich begrenzen.

Die zweite Bonitur der Begleitflora wurde vier Wochen nach der Herbizidanwendung durchgeführt. Zu diesem Zeitpunkt waren die meisten Unkräuter und Ungräser bereits nicht mehr zu sehen und abgestorben. Manche Individuen waren noch zu sehen, zeigten aber eine deutliche Zeichnung, waren also chlorotisch oder verkümmert, teilweise aber noch mit Neuzuwachs. So musste zu diesem Zeitpunkt eine Entscheidung getroffen werden, wie solche Pflanzen bonitiert werden. In diesem Fall wurden Pflanzen, deren Neuzuwachs grün und kräftig erschienen als lebendig gewertet. Pflanzen, die fast gänzlich chlorotisch oder deren Neuzuwachs ebenfalls chlorotisch war, wurden nicht gezählt und damit als abgestorben gewertet. Vermutlich wäre die Entscheidung einfacher bzw. eindeutiger, wenn man statt vier Wochen etwas länger, beispielsweise fünf bis sechs Wochen bis zur zweiten Bonitur wartet. Auf der InnoHerb-Internetseite wird beworben, dass das Programm 6 von 8 Grundsätzen des IPS erfüllt (Julius Kühn-Institut, o. J.-f). Bei Durchführung des Versuches stellte sich heraus, dass die Überwachung der Schadorganismen vor Ort durch den Anwender zwingend durchzuführen ist. Andernfalls kann die Ausgangsverunkrautung nicht ins Programm eingetragen werden und das Programm kann keine Empfehlung ausgeben. Bei der tatsächlichen Arbeit diesen Grundsatz zu erfüllen unterstützt das Programm nicht, vielmehr ist es eine Voraussetzung es anwenden zu können. Die Einbeziehung von Schadschwellen und damit indirekt auch die Einhaltung des notwendigen Maßes sowie die Auswahl von möglichst zielartenspezifischen PSM scheint das Programm durchzuführen. Ob das Programm PSM mit den geringsten Nebenwirkungen auswählt, konnte mithilfe des Versuches nicht geklärt werden. Dabei stellt sich auch die Frage anhand welcher Kriterien die Nebenwirkungen bewertet würden. Denkbar wäre vielleicht die Risikoeinschätzung eines Mittels anhand des HRI. Allerdings sind alle der angewendeten Wirkstoffe – Aclonifen, Chlortoluron, Diflufenican, Flufenacet und Pendimethalin Substitutionskandidaten nach dem HRI (European Union, 2015). Eine entsprechende Bemerkung zu den jeweiligen Nebenwirkungen in der Ergebnisausgabe des Programms konnte im Versuch nicht festgestellt werden. Ob die Anwendung Resistenz-Vermeidungsstrategien verwendet ist ebenfalls unklar. Denkbar wäre, dass das Programm bei Anlegen eines Schlages auf einen Wirkstoffwechsel bzw. Wechsel des Wirkmechanismus achtet, wenn man eine weitere Behandlung mit dem Programm plant. Da in diesem Fall nur jeweils eine Anwendung durchgeführt wurde, wurde das nicht überprüft. Da das Programm gezielt mit möglichst geringen Aufwandsmengen arbeitet, besteht die Möglichkeit, dass sich metabolische Resistenzen schneller entwickeln (DLG-Ausschuss für Pflanzenschutz et al., 2018, S. 8; Gardner et al., 2000; Gressel, 2010).

Andererseits wurden bereits in Vorgängermodelle einige Mechanismen eingebaut, die die Resistenzentwicklung hemmen sollen. Darunter hohe Zielwirksamkeiten bei resistenten Biotypen, Hinweise auf resistenzgefährdete Arten und die Möglichkeit MoAs auszuschließen. Eine weitere Ergänzung konnte auch der Hinweis auf oder das Einbauen von mechanischer Unkrautbekämpfung als Empfehlung sein. In anderen Versionen des Programms ist dies umgesetzt (Rydahl, M Bojer, et al., 2022).

Einige der im Versuch durch das Programm IH empfohlenen Wirkstoffe haben ein mittleres bis hohes Resistenzrisiko (DLG-Ausschuss für Pflanzenschutz et al., 2018, S. 6), darunter Chlortoluron der HRAC-Gruppe 5, Flufenacet der HRAC-Gruppe 15 und Pendimethalin der HRAC-Gruppe 3 (HRAC, o. J.-d). Andere Wirkgruppen haben allerdings ein noch höheres Resistenzrisiko, wie beispielsweise die Wirkstoffe aus der HRAC-Gruppe 2 (Heap, 2025a).

Außerdem ist auf der Internetseite aufgeführt, dass der Grundsatz der Erfolgskontrolle von PS-Maßnahmen eingehalten wird. Dies konnte im Versuch nicht bestätigt werden, da das Programm weder zu einer Nachkontrolle der Behandlung animiert, noch diese notwendig ist zur Anwendung des Programms.

Eine mögliche Gefahr des Programms ist, dass die Bedingungen, also beispielsweise Begleitflora, Temperatur oder Feuchtigkeit vom Anwender falsch eingegeben werden könnten und dann eine falsche Empfehlung mit nicht ausreichender Wirksamkeit berechnet wird. Das Programm arbeitet mit Sicherheitspuffern dagegen (Streibig et al., 1998). Außerdem ist davon auszugehen, dass die meisten Landwirte, dass Sicherheitsrisiko der Senkung von Aufwandsmengen überschätzen (Jørgensen et al., 2007, S. 15–17) und möglicherweise selbst noch ein Puffer miteinberechnen.

5.2 Fazit

Ein hoher Wirkungsgrad der IH-Strategie ist durch zahlreiche Versuche bestätigt, auch dieser Versuch konnte keinen eindeutigen und signifikanten Unterschied zu einer betriebsüblichen Anwendung bestätigen. Die Auswirkung der verringerten Aufwandmengen auf Resistenzentwicklung ist differenziert zu betrachten. Im Rahmen des IPS mit Kombination nicht-chemischer Bekämpfung von Begleitflora und dadurch generell kleiner Unkrautpopulationen sowie bei gut begründeter Reduktion der Aufwandmengen, ist allerdings nicht zwingend mit der Selektion sensibler Individuen zu rechnen. Unter gut begründeter Reduktion der Aufwandmenge zählt auch eine für das Herbizid sensible Begleitflora in geringem Vorkommen oder besonders gute Bedingungen für die Wirksamkeit des Herbizids.

Die Verwendung der Entscheidungshilfe ist eine gute Basis zur Auswahl des richtigen Herbizids in der richtigen Aufwandmenge mit fundierter wissenschaftlicher Grundlage. Bei geringer Dichte an Begleitflora sowie für chemischen PS guten Bedingungen kann die Entscheidungshilfe Landwirten dabei helfen ökonomische und ökologische Vorteile gegenüber der Standard-Behandlung in voller empfohlener Aufwandmenge zu erzielen. In vielen Fällen ist es eine gute Idee bei Unsicherheit bezüglich der chemischen PSM oder mangelhaften Kompetenz auf die Entscheidungshilfe zurückzugreifen. Dennoch sollte es die eigene fachliche Kompetenz der Landwirte nicht ersetzen. Diese sollten mindestens den Resistenzstatus ihrer eigenen Flächen kennen und nach den Grundsätzen des IPS handeln und entscheiden. Die Entscheidungshilfe kann die Landwirtschaft dabei unterstützen gesellschaftliche und politische Ziele zu erreichen und sollte deshalb weiterhin auch von politischer Seite unterstützt werden. Ein enormer Fortschritt für das Programm wäre auch der Einbau von einer automatischen Erkennung der Begleitflora, da die manuelle Bonitur eines der größten Hemmnisse für den Praxiseinsatz ist. Darüber hinaus sollte das Programm näher an Betriebe gebracht werden und Landwirten die Funktionsweise genau erklärt werden, sodass diese eventuelles Misstrauen abbauen können.

6 Zusammenfassung

Chemische Pflanzenschutzmittel könne helfen Ertrag zu sichern, sind aber mit ökologischen Risiken verbunden. Deshalb ist es gesellschaftliches und politisches Anliegen deren Einsatz möglichst zu reduzieren. Dabei können digitale Entscheidungshilfe-Programme, wie „InnoHerb“ helfen. Deshalb wird in dieser Arbeit mithilfe eines Feldversuchs untersucht, ob InnoHerb praxistauglich ist. Unter anderem wird das Programm auf das Erreichen seiner Zielwirksamkeiten, auf seinen Wirkungsgrad und das Potential durch reduzierte Aufwandsmengen Kosten zu sparen und den Behandlungsindex zu senken.

Herbizide sind eine Pflanzenschutzmittel-Gruppe mit großer Bedeutung. Dies lässt sich an diversen Faktoren bemessen, darunter der Absatzmenge, der Anteil am Gesamt-Behandlungsindex, am Anteil des HRI 1 und das ökologische Risiko. Deshalb ist eine Effizienzsteigerung im Bereich der Herbizide besonders lohnenswert, da es ökonomische und ökologische Potentiale vereint.

Die Grundsätze des Integrierten Pflanzenschutzes müssen von Landwirten eingehalten werden. Dazu gehört das Anwenden von vorbeugenden und vorzugsweise nicht-chemischen Pflanzenschutz-Maßnahmen. Trotz dieser Vorschrift wird Pflanzenschutz in der landwirtschaftlichen Praxis häufig chemisch und pauschal durchgeführt, häufig aus Zeitgründen oder Überschätzen des Risikos.

Bei der Anwendung von chemischen Pflanzenschutzmitteln muss auf Resistenzmanagement geachtet werden, denn immer mehr Resistenzen entwickeln sich, häufig auch multipel. Dazu ist ein Verständnis über die verschiedenen Mechanismen der Resistenzentwicklung und geeignete Maßnahmen Resistenzen zu verzögern notwendig.

Das Programm InnoHerb ist ein webbasiertes Entscheidungshilfe-Programm, welches abhängig von der Art und dem Ausmaß der vorhandenen Begleitflora und anderen Bedingungen wie Temperatur und Feuchtigkeit oder Entwicklungsstadium der Kultur, Behandlungsvorschläge berechnet. Bei den Behandlungsvorschlägen wird häufig eine reduzierte Aufwandsmenge empfohlen, welche auf Basis einer Art modifizierten Schadschwellen-Systems mit Dosis-Wirkungsbeziehungen berechnet wird. Vorläufer des Programms gibt es schon seit den 1980er Jahren, es kann also auf zahlreiche Entwicklungsjahre und Versuchsdaten zurückgegriffen werden. Das Programm und seine Vorgänger sowie internationalen Pendanten sind in zahlreichen Versuchen untersucht und bestätigt worden. Weitere Ergänzungen des Programms, wie beispielsweise eine mobile Version und eine automatisierte Erkennung der Begleitflora sind denkbar.

Aktuell ist das Programm InnoHerb nicht mehr verfügbar, allerdings ist es politischer Wille diese Art von Entscheidungshilfe weiter zu entwickeln und in die Praxis zu bringen.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein Feldversuch auf vier Flächen an zwei unterschiedlichen Standorten in Sachsen-Anhalt in den Kulturen Winterweizen und Wintergerste durchgeführt, in welchem eine von InnoHerb empfohlene Herbizidstrategie mit einer praxisüblichen verglichen wurde.

Die Ergebnisse des Versuches zeigen, dass das Programm InnoHerb seine angestrebten Zielwirksamkeiten erreichen konnte, dass der Wirkungsgrad der InnoHerb-Variante nicht signifikant von dem der praxisüblichen Variante zu unterscheiden war und dass durch eine reduzierte Aufwandmenge in der InnoHerb-Variante Kosten gespart werden konnten sowie der Behandlungsindex gesenkt wurde.

Ein großer Kritikpunkt am Programm ist die notwendige aufwändige Boniturnarbeit, welche Praxisbetriebe zeitlich nicht leisten können. Eine technische Lösung dieses Problems könnte die Verbreitung des Programms enorm erhöhen. Ob InnoHerb Resistenzen fördert, muss differenziert betrachtet werden.

Insgesamt kann das Programm ein gutes Hilfsmittel für Landwirte sein und dabei helfen ökonomische und ökologische Ziele zu erreichen. Bevor es das allerdings leisten kann, muss es seine Schwachstellen ausbessern und kann der Öffentlichkeit dann vielleicht wieder, auch gegen eine eventuelle Nutzungsgebühr, zur Verfügung gestellt werden.

Literaturverzeichnis

- Aventis CropScience. (2001). *Unkräuter in Zuckerrüben* (12. Aufl.).
- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.) (with Thyssen, S., & Gehring, K.). (2025). *Versuchsergebnisse aus Bayern 2024: Unkrautkontrolle in Ackerbau und Grünland*. Abgerufen 05. Mai 2025, von <https://www.hortigate.de/Apps/WebObjects/ISIP.woa/vb/bericht?nr=101547>
- Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus. (o. J.). *Getreideherbizide für die Herbstbehandlung*. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. Abgerufen 27. Juni 2025, von <https://www.lfl.bayern.de/ips/unkraut/028066/index.php>
- Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus. (2024a, August). *Geruchlose Kamille, Echte Kamille*. Abgerufen 01. Oktober 2025, von https://www.lfl.bayern.de/ips/unkraut/u_steckbriefe/053960/index.php
- Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus. (2024b, August). *Kletten-Labkraut*. Abgerufen 14. September 2025, von https://www.lfl.bayern.de/ips/unkraut/u_steckbriefe/053956/index.php
- Bückmann, H., Bojer, O. Q., Rydahl, P., & Verschwele, A. (2020). Anwendung eines neuen Internet-basierten Entscheidungshilfemodells für das integrierte Unkrautmanagement in Winterweizen und Mais (DSS-IWM) – Erfahrungen aus der praxisnahen Anwendung. *Tagungsband : 29. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung ; 3. - 5. März 2020, Braunschweig*. <https://doi.org/10.5073/jka.2020.464.035>
- Bückmann, H., & Verschwele, A. (2024). Zuverlässige Unkrautbekämpfung trotz Reduktion von Herbiziden. *Tagungsband: 31. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung; 27.-29. Februar 2024, Braunschweig*, 59. 31. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung; Braunschweig, Deutschland; 2024.02.27-29. <https://doi.org/10.5073/20240109-061945-0>
- Bückmann, H., Verschwele, A., Röhrig, M., & Sander, R. (o. J.). 63. *PST 2023—InnoHerb – Praxiseinführung einer innovativen Entscheidungshilfe zum Einsatz von Herbiziden*. Abgerufen 8. Oktober 2025, von <https://innoherb.julius-kuehn.de/63.-pst-2023---innoherb---praxiseinfuehrung-einer-innovativen-entscheidungshilfe-zum-einsatz-von-herbiziden.html>
- Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. (2025, 26. Juni). *Widerruf der Zulassung von weiteren Pflanzenschutzmitteln mit dem Wirkstoff Flufenacet*. Abgerufen 26. Juni 2025, von https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Fachmeldungen/04_pflanzenschutzmittel/2025/2025_06_24_Fa_Widerruf_Flufenacet.html
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. (o. J.-a). *Entscheidungshilfen im integrierten Pflanzenschutz*. NAP-Pflanzenschutz Portal. Abgerufen 7. Mai 2025, von <https://www.nap-pflanzenschutz.de/integrierter-pflanzenschutz/entscheidungshilfen>
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. (o. J.-b). *InnoHerb—Praxiseinführung einer innovativen Entscheidungshilfe zum effizienten Einsatz von Herbiziden (InnoHerb)*. Forschungsinformationssystem Agrar und Ernährung. Abgerufen 14. April 2025, von https://www.fisaonline.de/projekte-finden/details/?tx_fisaresearch_projects%5Baction%5D=projectDetails&tx_fisaresearch_projects%5Bcontroller%5D=Projects&tx_fisaresearch_projects%5Bp_id%5D=15611&cHash=e5efdf30c5bdf34a0e7d0e8c98f05d5d#more
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. (o. J.-c). *Pflanzenschutzmaßnahmen*. Nationaler Aktionsplan Pflanzenschutz. Abgerufen 5. Mai 2025, von <https://www.nap-pflanzenschutz.de/integrierter-pflanzenschutz/pflanzenschutzmassnahmen>

- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. (o. J.-d). *Physikalische Maßnahmen*. Nationaler Aktionsplan Pflanzenschutz. Abgerufen 6. Mai 2025, von <https://www.nap-pflanzenschutz.de/integrierter-pflanzenschutz/pflanzenschutzmassnahmen/physikalische-massnahmen>
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. (o. J.-e). *Vorbeugende Maßnahmen*. Nationaler Aktionsplan Pflanzenschutz. Abgerufen 6. Mai 2025, von <https://www.nap-pflanzenschutz.de/integrierter-pflanzenschutz/pflanzenschutzmassnahmen/vorbeugende-massnahmen>
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. (2024a, 3. Mai). *SYNOPS – Risikoindex für aquatische Nichtzielorganismen*. NAP-Pflanzenschutz Portal. Abgerufen 03. Mai 2025, von <https://www.nap-pflanzenschutz.de/indikatorenforschung/indikatoren-und-deutscher-pflanzenschutzindex/deutscher-pflanzenschutzindex-2023/synops-risikoindex-fuer-aquatische-nichtzielorganismen>
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. (2024b, 3. Mai). *SYNOPS – Risikoindex für terrestrische Nichtzielorganismen*. NAP-Pflanzenschutz Portal. Abgerufen 03. Mai 2025, von <https://www.nap-pflanzenschutz.de/indikatorenforschung/indikatoren-und-deutscher-pflanzenschutzindex/deutscher-pflanzenschutzindex-2023/synops-risikoindex-fuer-terrestrische-nichtzielorganismen>
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. (2024c, 10. Mai). *Quote der Einhaltung des notwendigen Maßes*. NAP-Pflanzenschutz Portal. Abgerufen 10. Mai 2025, von <https://www.nap-pflanzenschutz.de/indikatorenforschung/indikatoren-und-deutscher-pflanzenschutzindex/deutscher-pflanzenschutzindex-2023/quote-der-einhaltung-des-notwendigen-masses>
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. (2024d, 19. November). *Methode für die Risikoberechnung mit SYNOPS*. NAP-Pflanzenschutz Portal. Abgerufen 19. November 2024, von <https://www.nap-pflanzenschutz.de/indikatorenforschung/erfassung-der-realen-pflanzenschutzmittelnanwendungen/risikoanalyse-synops/methode-fuer-die-risikoberechnung-mit-synops>
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. (2024e, 5. Dezember). *Pflanzenschutzmittel*. Nationaler Aktionsplan Pflanzenschutz. Abgerufen 06. Mai 2025, von <https://www.nap-pflanzenschutz.de/integrierter-pflanzenschutz/pflanzenschutzmassnahmen/pflanzenschutzmittel>
- Bundesministerium der Justiz. (o. J.-a). § 2 *Begriffsbestimmungen*. Gesetz zum Schutz der Kulturpflanzen (Pflanzenschutzgesetz - PflSchG). Abgerufen 27. April 2025, von https://www.gesetze-im-internet.de/pflschg_2012/_2.html
- Bundesministerium der Justiz. (o. J.-b). § 3 *Gute fachliche Praxis und integrierter Pflanzenschutz*. Gesetz zum Schutz der Kulturpflanzen (Pflanzenschutzgesetz - PflSchG). Abgerufen 27. April 2025, von https://www.gesetze-im-internet.de/pflschg_2012/_3.html
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. (o. J.-a). *Integrierter Pflanzenschutz*. Nationaler Aktionsplan Pflanzenschutz. Abgerufen 2. September 2024, von Abgerufen 02. September 2024, von <https://www.nap-pflanzenschutz.de/integrierter-pflanzenschutz>
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. (o. J.-b). *Zukunftsprogramm Pflanzenschutz des BMEL - Ergebnis nach dem Beteiligungsprozess*. Abgerufen 15. April 2025, von https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Landwirtschaft/Pflanzenbau/Pflanzenschutz/zukunftsprogramm-pflanzenschutz.pdf?__blob=publicationFile&v=5
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. (2021). *Ackerbaustrategie 2035*. Abgerufen 15. April 2025, von https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/ackerbaustrategie2035.pdf?__blob=publicationFile&v=9

- Buurma, J. S., & van der Velden, N. J. A. (2017). New approach to Integrated Pest Management research with and for horticulture. A vision from and beyond economics. *Crop Protection*, 97, 94–100. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.11.013>
- C-IPM. (2024, 24. Oktober). *What is C-IPM*. Abgerufen 24. Oktober 2024, von <https://projects.au.dk/c-ipm/what-is-c-ipm>
- Dachbrodt-Saaydeh, S., Sellmann, J., Strassemeyer, J., Schwarz, J., Klocke, B., Krenzel, S., & Kehlenbeck, H. (2021). Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz: Jahresbericht 2017 ; Analyse der Ergebnisse der Jahre 2007 bis 2017. *Berichte aus dem Julius Kühn-Institut*, 210. <https://doi.org/10.5073/20210309-134538>
- DLG-Ausschuss für Pflanzenschutz, Dr. Ulber, L., & Gehring, K. (2018). *DLG-Merkblatt 432: Resistenzmanagement im Ackerbau: Herbizidresistenz* (DLG e.V., Hrsg.; 1. Aufl.). Abgerufen 16. September 2025, von https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/Merkblaetter/dlg-merkblatt_432.pdf
- EPPO. (o. J.). *European and Mediterranean Plant Protection Organization*. Abgerufen 7. September 2025, von Abgerufen 07. September 2025, von https://www.eppo.int/ABOUT_EPPO/https%3A%2F%2Fwww.eppo.int%2FABOUT_EPPO%2Fabout_eppo
- European Commission. (2020). *Farm to Fork Strategy*. Abgerufen 02. September 2024, von https://food.ec.europa.eu/document/download/472acca8-7f7b-4171-98b0-ed76720d68d3_en?filename=f2f_action-plan_2020_strategy-info_en.pdf&pre-flang=de
- European Union. (2009, 21. Oktober). *Directive 2009/128/EC of the European Parliament and of the Council*. EUR-Lex. Abgerufen 25. Januar 2025, von <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2009/128/2009-11-25/eng>
- European Union. (2015, 11. März). *Durchführungsverordnung (EU) 2015/408 der Kommission vom 11. März 2015 zur Durchführung des Artikels 80 Absatz 7 der Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln und zur Erstellung einer Liste mit Substitutionskandidaten Text von Bedeutung für den EWR*. Abgerufen 08. Oktober 2025, von http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2015/408/oj/deu
- European Union. (2019a, 15. Mai). *Commission Directive (EU)- 2019/782*. EUR-Lex. Abgerufen 26. April 2025, von <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2019/782/oj/eng>
- European Union. (2019b, 26. Juli). *Richtlinie 2009/128/EG des Europäischen Parlaments und des Rates*. EUR-Lex. Abgerufen 28. April 2025, von <http://data.europa.eu/eli/dir/2009/128/oj/deu>
- FAO. (o. J.). *Land use*. FAOSTAT. Abgerufen 23. Juni 2025, von <https://www.fao.org/faostat/en/#data/RL>
- Fink, H., Vilich, V., Schultz, B., Schumacher, S., Gummert, A., Helbig, J., Paap, M., Eberhardt, G., Kehlenbeck, H., & Freier, B. (2021). *Integrierter Pflanzenschutz in der Praxis* (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Hrsg.). Abgerufen 07. Juni 2025, von https://www.nap-pflanzenschutz.de/fileadmin/SITE_MASTER/content/IPS/Entscheidungshilfen/BZL_Heft_IntegrierterPflanzenschutz_Mai2018.pdf
- Freier, B., Gummert, A., Klocke, B., Schwarz, J., Dachbrodt-Saaydeh, S., Krenzel, S., & Kehlenbeck, H. (2018). *Integrierter Pflanzenschutz* (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, Hrsg.; 7. Aufl.). Abgerufen 07. Juni 2025, von https://www.nap-pflanzenschutz.de/fileadmin/SITE_MASTER/content/IPS/Entscheidungshilfen/BZL_Heft_IntegrierterPflanzenschutz_Mai2018.pdf
- Gardner, S., Agrawal, A., Gressel, J., & Mangel, M. (2000). Strategies to Delay the Evolution of Resistance in Pests: Dose Rotations and Induced Plant Defenses. *Aspects of*

- Applied Biology*, 53. Abgerufen 06. Oktober 2025, von https://www.researchgate.net/publication/2390211_Strategies_to_Delay_the_Evolution_of_Resistance_in_Pests_Dose_Rotations_and_Induced_Plant_Defenses
- Gehring, K., & Thyssen, S. (2023). Vergleichende Bewertung von um 50 % Aufwandsmenge reduzierte Herbizidbehandlungen im Getreide- und Maisanbau. 63. *Deutsche Pflanzenschutztagung: Pflanzenschutz morgen - Transformation durch Wissenschaft*; 26. bis 29. September 2023, - Kurzfassungen der Vorträge und Poster -, 59–61. 63. Deutsche Pflanzenschutztagung ; Göttingen, Deutschland ; 2023.09.26-29. <https://doi.org/10.5073/20230803-074309-0>
- Gerhards, R., Dentler, J., Gutjahr, C., Auburger, S., & Bahrs, E. (2016). An approach to investigate the costs of herbicide-resistant *Alopecurus myosuroides*. *Weed Research*, 56(6), 407–414. <https://doi.org/10.1111/wre.12228>
- Gressel, J. (2010). Low pesticide rates may hasten the evolution of resistance by increasing mutation frequencies. *Pest Management Science*, 67(3), 253–257. <https://doi.org/10.1002/ps.2071>
- Hanf, M. (1990). *Ackerunkräuter Europas mit ihren Keimlinge und Samen* (3. Aufl.). BLV Verlagsgesellschaft mbH. München.
- Heap, I. (o. J.). # *Species Resistant to Group Select a Site of Action Herbicides*. INTERNATIONAL HERBICIDE-RESISTANT WEED DATABASE. Abgerufen 7. Oktober 2025, von <https://www.weedscience.org/Pages/Graphs/SpeciesbySOA.aspx>
- Heap, I. (2013). Global perspective of herbicide-resistant weeds. *Pest Management Science*, 70(9), 1306–1315. <https://doi.org/10.1002/ps.3696>
- Heap, I. (2025a, 29. September). *Chronological Increase in Resistant Weeds Globally*. INTERNATIONAL HERBICIDE-RESISTANT WEED DATABASE. Abgerufen 29. September 2025, von <https://www.weedscience.org/Pages/Graphs/SOA-Graph.aspx>
- Heap, I. (2025b, 29. September). *Current Status of the International Herbicide-Resistant Weed Database*. INTERNATIONAL HERBICIDE-RESISTANT WEED DATABASE. Abgerufen 29. September 2025, von <https://www.weedscience.org/home.aspx>
- Heap, I. (2025c, 29. September). *Number of Herbicide-Resistant Species for the top 10 Weed Families*. INTERNATIONAL HERBICIDE-RESISTANT WEED DATABASE. Abgerufen 29. Oktober 2025, von <https://www.weedscience.org/Pages/Graphs/FamilybySpeciesGraph.aspx>
- Heap, I. (2025d, 29. September). *Number of Herbicide-Resistant Species by crop (top 10)*. INTERNATIONAL HERBICIDE-RESISTANT WEED DATABASE. Abgerufen 29. Oktober 2025, von <https://www.weedscience.org/Pages/Graphs/CropsBySpeciesCount.aspx>
- Heap, I. (2025e, 29. September). *The percentage of herbicide-resistant species by family, and the percentage of species considered principal weeds by Holm et al. (1991, 1997) for each of these families*. INTERNATIONAL HERBICIDE-RESISTANT WEED DATABASE. Abgerufen 29. September, von <https://www.weedscience.org/Pages/Graphs/FamilyBySpeciesPieChart.aspx>
- Heap, I. (2025f, 29. September). *Weed Populations Resistant to Multiple Sites of Action*. INTERNATIONAL HERBICIDE-RESISTANT WEED DATABASE. Abgerufen 29. Oktober 2025, von <https://www.weedscience.org/Pages/Graphs/MultipleResistance.aspx>
- Heap, I. (2025g, 4. Oktober). *Resistant Species by # of Sites of Action (Top 15)*. INTERNATIONAL HERBICIDE-RESISTANT WEED DATABASE. Abgerufen 04. Oktober 2025, von <https://www.weedscience.org/Pages/Graphs/Species-BySOAccount.aspx>

- Heap, I. (2025h, 7. Oktober). *Number of Herbicide Actives for the Top 10 Herbicide Sites of Action*. INTERNATIONAL HERBICIDE-RESISTANT WEED DATABASE. Abgerufen 07. Oktober 2025, von <https://www.weedscience.org/Pages/Graphs/SO-AbyActivesPieChart.aspx>
- Heikki, M., & Hokkanen, T. (2015). Integrated pest management at the crossroads: Science, politics, or business (as usual)? *Arthropod-Plant Interactions*, 9, 543–545. <https://doi.org/10.1007/s11829-015-9403-y>
- Helbig, J., Gummert, A., Paap, M., Eberhardt, G., Schlage, B., Sellmann, J., Strasse Meyer, J., Freier, B., Peters, M., Suhl, F., Pramschüfer, L., Stosius, H., Herzer, A., & Kehlenbeck, H. (2021). BMEL-Modell- und Demonstrationsvorhaben „Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz“, Teilprojekt „Koordination“, Abschlussbericht – DIPS Projektkoordination für den Berichtszeitraum 10/2011—12/2019. In Julius Kühn-Institut (Hrsg.), *Berichte aus dem Julius Kühn-Institut* (Bd. 218, S. 1). Julius Kühn-Institut. <https://doi.org/10.5073/20211215-101835>
- HRAC. (o. J.-a). *2024 HRAC Global Herbicide MoA Classification*. Herbicide Resistance Action Committee. Abgerufen 4. Oktober 2025, von <https://hracglobal.com/tools/2024-hrac-global-herbicide-moa-classification>
- HRAC. (o. J.-b). *About*. Herbicide Resistance Action Committee. Abgerufen 4. Oktober 2025, von <https://hracglobal.com/who-we-are/about>
- HRAC. (o. J.-c). *Best Management Practices*. Herbicide Resistance Action Committee. Abgerufen 5. Oktober 2025, von <https://hracglobal.com/prevention-management/best-management-practices>
- HRAC. (o. J.-d). *Global Herbicide Classification Lookup*. Herbicide Resistance Action Committee. Abgerufen 4. Oktober 2025, von <https://hracglobal.com/tools/classification-lookup>
- HRAC. (o. J.-e). *Monitoring & Mitigation*. Herbicide Resistance Action Committee. Abgerufen 5. Oktober 2025, von <https://hracglobal.com/prevention-management/monitoring-mitigation>
- HRAC. (o. J.-f). *Overview*. Herbicide Resistance Action Committee. Abgerufen 4. Oktober 2025, von <https://hracglobal.com/herbicide-resistance/overview>
- International Plant Protection Convention. (o. J.). *Overview*. International Plant Protection Convention. Abgerufen 8. September 2025, von <https://www.ippc.int/en/about/overview/>
- ISIP. (o. J.-a). *InnoHerb*. Abgerufen 20. November 2024, von <https://www.isip.de/charts/dssiwm>
- ISIP. (o. J.-b). *ISIP-das Informationssystem für die integrierte Pflanzenproduktion*. Abgerufen 8. September 2025, von <https://www.isip.de/isip>
- Jørgensen, L. N., Noe, E., Langvad, A.-M., Jensen, J. E., Ørum, J. E., Rydahl, P., Pinn Schmidt, H., & Bojer, O. Q. (2007). Vurdering af Planteværn Onlines økonomiske og miljømæssige effekt. *Bekæmpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen*, 115. Abgerufen 14. Oktober 2025, von <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2007/978-87-7052-590-9/pdf/978-87-7052-590-9.pdf>
- Julius Kühn-Institut. (o. J.-a). *Anwendung des Programms InnoHerb*. Dr. Arnd Verschwele. Abgerufen 28. April 2025, von <https://innoherb.julius-kuehn.de/programm.html>
- Julius Kühn-Institut. (o. J.-b). *Das Projekt InnoHerb ist beendet*. Dr. Arnd Verschwele. Abgerufen 7. Oktober 2025, von <https://innoherb.julius-kuehn.de/artikel-unterpunkt-2.html>
- Julius Kühn-Institut. (o. J.-c). *InnoHerb*. Abgerufen 10. April 2025, von <https://innoherb.julius-kuehn.de/artikel-unterpunkt-2.html>
- Julius Kühn-Institut. (o. J.-d). *Kalender*. Dr. Arnd Verschwele. Abgerufen 7. Oktober 2025, von <https://innoherb.julius-kuehn.de/kalender-1623066623.html>

- Julius Kühn-Institut. (o. J.-e). *NEWS*. Abgerufen 10. April 2025, von <https://innoherb.julius-kuehn.de/news/>
- Julius Kühn-Institut. (o. J.-f). *Ziel*. Abgerufen 25. Januar 2025, von <https://innoherb.julius-kuehn.de/ziel.html>
- Julius Kühn-Institut. (2021, 12. April). *Startschuss für InnoHerb, ein Verbundvorhaben zum effizienteren Herbizideinsatz*. Abgerufen 14. April 2025, von <https://www.julius-kuehn.de/aktuelles/aktuell/n/startschuss-fuer-innoherb-ein-verbundvorhaben-zum-effizienteren-herbizideinsatz>
- Julius Kühn-Institut. (2024a, Mai). *Harmonized Risk*. Pesticide-Trends Database Explorer. Abgerufen 28. Februar 2025, von <https://sf.julius-kuehn.de/pesticide-dbx/hri>
- Julius Kühn-Institut. (2024b, Mai). *Inlandsabsatz (t/Jahr)*. Pesticide Trends Database Explorer. Abgerufen 26. April 2025, von https://sf.julius-kuehn.de/pesticide-dbx/abs_sales?basis=1996&group=Alle%20PSM&no_entries=5&act_grp=Alle%20PSM
- Julius Kühn-Institut. (2025, 15. Mai). *Verzeichnis Verlustmindernde Geräte (Abdrift)*. Abgerufen 15. Mai 2025, von <https://daps.julius-kuehn.de/komplettVerlustminderung/suche>
- Julius Kühn-Institut, K. (o. J.-g). *Behandlungsindex*. PAPA; Kathleen Krammer. Abgerufen 26. April 2025, von <https://papa.julius-kuehn.de/index.php?menuid=43>
- Keshtkar, E., Mathiassen, S. K., Moss, S. R., & Kudsk, P. (2015). Resistance profile of herbicide-resistant *Alopecurus myosuroides* (black-grass) populations in Denmark. *Crop Protection*, 69, 83–89. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.12.016>
- Kudsk, P. (2007). Optimising herbicide dose: A straightforward approach to reduce the risk of side effects of herbicides. *The Environmentalist*, 28(1), 49–55. <https://doi.org/10.1007/s10669-007-9041-8>
- Kudsk, P. (2014). Reduced herbicide rates: Present and future. *Tagungsband : 26. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung ; 11.-13. März 2014, Braunschweig*, 37–44. 26. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung ; Braunschweig, Deutschland ; 2014.03.11-13. <https://doi.org/10.5073/jka.2014.443.003>
- Lamichhane, J. R., Aubertot, J.-N., Begg, G., Birch, A. N. E., Boonekamp, P., Dachbrodt-Saaydeh, S., Hansen, J. G., Hovmøller, M. S., Jensen, J. E., Jørgensen, L. N., Kiss, J., Kudsk, P., Moonen, A.-C., Rasplus, J.-Y., Sattin, M., Streito, J.-C., & Messéan, A. (2016). Networking of integrated pest management: A powerful approach to address common challenges in agriculture. *Crop Protection*, 89, 139–151. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.07.011>
- Landesamt für Vermessung und Geoinformation Sachsen-Anhalt. (o. J.-a). *Open Data. Liegenschaftsdarstellungen*. Geodatenportal Sachsen-Anhalt. Abgerufen 29. Januar 2025, von <https://www.lvermgeo.sachsen-anhalt.de/de/gdp-open-data.html>
- Landesamt für Vermessung und Geoinformation Sachsen-Anhalt. (o. J.-b). *Open Data. Luftbilder und Orthophotos*. Geodatenportal Sachsen-Anhalt. Abgerufen 8. April 2025, von <https://www.lvermgeo.sachsen-anhalt.de/de/gdp-open-data.html>
- Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen. (o. J.). *Pflanzenschutzmittel-Finder* (Regierungspräsidium Gießen, Hrsg.). Abgerufen 10. Mai 2025, von Abgerufen 07. Juni 2025, von <https://www.psm-finder.de/>
- Landesportal Sachsen-Anhalt. (o. J.). *Tabellen Agrarstruktur*. Landesportal Sachsen-Anhalt. Abgerufen 20. Oktober 2025, von <https://statistik.sachsen-anhalt.de/themen/wirtschaftsbereiche/land-und-forstwirtschaft-fischerei/tabellen-agrarstruktur>
- Lefebvre, M., Langrell, S. R. H., & Gomez-y-Paloma, S. (2015). Incentives and policies for integrated pest management in Europe: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(1), 27–45. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0237-2>

- Lehnhoff, E. A., Rew, L. J., Mangold, J. M., Seipel, T., & Ragen, D. (2019). Integrated Management of Cheatgrass (*Bromus tectorum*) with Sheep Grazing and Herbicide. *Agronomy*, 9(6), 315. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060315>
- Mol, F., Fritzsche, R., & Gerowitt, B. (2014). DSSHerbicide: Feldversuche zur Unkrautbekämpfung im Winterweizen – was bringt der Einsatz eines Entscheidungshilfesystems? *Tagungsband : 26. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung ; 11.-13. März 2014, Braunschweig*, 360–368. 26. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung ; Braunschweig, Deutschland ; 2014.03.11-13. <https://doi.org/10.5073/jka.2014.443.046>
- Montull, J. M., Rydahl, P., Bojer, O. M., Torresen, K., Taberner, A., Bückmann, H., & Verschwele, A. (2024). IPMwise – the decision support system for integrated weed management is now available in six European countries. *Revista de Ciências Agrárias*, 47(1), 273–277. <https://doi.org/10.19084/rca.35024>
- Montull, J. M., Taberner, A., Bojer, O., & Rydahl, P. (2020). IPMwise: A Decision Support System for Multispecies Weed Control in Cereal Crops. In *Decision Support Systems for Weed Management* (S. 279–298). Springer. Abgerufen 12. Oktober 2025, von https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-44402-0_13
- NAP. (2016, 2. Dezember). *Forschungsagenda: Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln*. Abgerufen 08. September 2025, von https://www.nap-pflanzenschutz.de/fileadmin/SITE_MASTER/content/Bilder/Indikatoren_Forschung/Forschung/161202_Forschungsagenda_NAP.pdf
- Netland, J., Torresen, K., & Rydahl, P. (2005). *Evaluation of the weed module in the Danish decision support system “Crop Protection Online” adapted to Norwegian conditions*. Abgerufen 14. Oktober 2025, von <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20093146854>
- numiqo Team. (2025). *Statistik Rechner*. numiqo. Abgerufen 19. Oktober 2025, von <https://numiqo.de/>
- Pehl, P. (2025, 24. April). *SPD-Verhandlungsführerin Franziska Kersten im Gespräch*. agrarzeitung. <https://www.agrarzeitung.de/nachrichten/politik/spitzengesprache-spd-verhandlungsfuehrerin-franziska-kersten-im-gespraech-150640>
- Petraki, D., Gazoulis, I., Kokkini, M., Danaskos, M., Kanatas, P., Rekkas, A., & Travlos, I. (2025). Digital Tools and Decision Support Systems in Agroecology: Benefits, Challenges, and Practical Implementations. *Agronomy*, 15(1), 236. <https://doi.org/10.3390/agronomy15010236>
- Pflanzenschutzdienste der Länder. (2021). *Die allgemeinen Grundsätze des integrierten Pflanzenschutzes* (Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg, Hrsg.).
- Regierungspräsidium Gießen - Dezernat Pflanzenschutzdienst. (2024, 13. August). *Herbizidempfehlungen Herbst*. Abgerufen 27. Juni 2025, von <https://pflanzenschutzdienst.rp-giessen.de/ackerbau/pflanzenschutzempfehlungen-ackerbau/wintergetreide-kulturen/wintergerste/herbizidempfehlungen-herbst/>
- Roßberg, D. (2013). Erhebungen zur Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in der Praxis im Jahr 2011. *Journal für Kulturpflanzen*, 65(4), Article 4. <https://doi.org/10.5073/JfK.2013.04.02>
- Rydahl, P., Berti, A., & Munier-Jolain, N. (2008). O. 24-Decision support systems (DSS) for weed control in Europe—state-of-the-art and identification of „best parts“ for unification on a European level. *ENDURE International Conference 2008, Diversifying Crop Protection, 12-15 October 2008, LA Grande-Motte, France*. Abgerufen 15. Oktober 2025, von <https://www.researchgate.net/publica->

- tion/228431432_O_24-Decision_support_systems_DSS_for_weed_control_in_Europe-state-of-the-art_and_identification_of_'best_parts'_for_unification_on_a_European_level
- Rydahl, P., Helps, J., Storkey, J., & Milne, A. (2022, 28. Januar). *IPM Decisions (817617) – DSS evaluated for economic and environmental benefits: Weeds*. Abgerufen 20. September 2025, von <https://ec.europa.eu/research/participants/documents/downloadPublic?documentIds=080166e5e7a1e343&appId=PPGMS>
- Rydahl, P., M Bojer, O., Torresen, K., Montull, J. M., Taberner, A., Bückmann, H., & Verschwele, A. (2022, 29.06). *IPMwise—Economic potential in 4 European countries of a generic decision support system for integrated weed management*. 15th International Conference on Precision Agriculture, Minneapolis, Minnesota, United States. Abgerufen 09. Oktober 2025, von <https://www.ispag.org/icpa/proceedings/?action=abstract&id=8688&title=Economic+Potential+of+IPMwise+-+a+Generic+Decision+Support+System+for+Integrated+Weed+Management+in+4+Countries&search=topics>
- Rzanny, M., Bebbler, A., Wittich, H. C., Fritz, A., Boho, D., Mäder, P., & Wäldchen, J. (2024). More than rapid identification—Free plant identification apps can also be highly accurate. *People and Nature. British Ecological Society*, 6(6), 2178–2181. <https://doi.org/10.1002/pan3.10676>
- Scavo, A., & Mauromicale, G. (2021). Crop Allelopathy for Sustainable Weed Management in Agroecosystems: Knowing the Present with a View to the Future. *Agronomy*, 11(11), 2104. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112104>
- Sønderskov, M., Fritzsche, R., de Mol, F., Gerowitt, B., Goltermann, S., Kierzek, R., Krawczyk, R., Bøjer, O. M., & Rydahl, P. (2015). DSSHerbicide: Weed control in winter wheat with a decision support system in three South Baltic regions – Field experimental results. *Crop Protection*, 76, 15–23. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.06.009>
- Statistisches Bundesamt. (2025a, 26. Mai). *Anbaufläche, Erntemenge, Ertrag je Hektar (Feldfrüchte und Grünland): Deutschland, Jahre, Fruchtarten*. DESTATIS. Abgerufen 23. Juni 2025, von <https://www-genesis.destatis.de/datenbank/online/url/dad5885c>
- Statistisches Bundesamt. (2025b, 1. August). *Ackerland nach Hauptfruchtgruppen und Fruchtarten*. Statistisches Bundesamt. Abgerufen 20. Oktober, von <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Feldfruechte-Gruenland/Tabellen/ackerland-hauptnutzungsarten-kulturarten.html>
- Steiro, Å. L. (2018). Towards increased use of IPM: An investigation of Norwegian grain farmers' pest management practices and decision processes. In Norwegian University of Life Sciences, Ås (Hrsg.), 135. Norwegian University of Life Sciences, Ås. Abgerufen 17. Juli 2025, von <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/2574850>
- Streibig, J. C., Kudsk, P., & Jensen, J. E. (1998). A general joint action model for herbicide mixtures. *Pesticide Science*, 53(1), 21–28. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9063\(199805\)53:1<21::AID-PS748>3.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9063(199805)53:1<21::AID-PS748>3.0.CO;2-L)
- SusCrop - ERA-NET. (o. J.). *About SusCrop*. Abgerufen 8. September 2025, von Abgerufen 08. September 2025, von <https://www.suscrop.eu/about-suscrop>
- Thiel, L., Haberlah-Korr, V., Mergenthaler, M., & Gerowitt, B. (2019). „Ich würde wohl das meiste Geld mit Spaziergängen über den Acker verdienen“ – Die Sicht von Betriebsleitenden zum Einsatz von Insektiziden im integrierten Pflanzenschutz. *Berichte über Landwirtschaft - Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft*, 97(3). <https://doi.org/10.12767/buel.v97i3.251>

- Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum (Hrsg.) (with Ewert, K., Heidrich, E., & Weidemann, K.). (2025). *Versuchsbericht: Pflanzenschutz-Veruche im Ackerbau 2024*. Abgerufen 16. Oktober 2025, von <https://www.isip.de/resource/blob/833990/0f4fa0b668ad4dc2edb1579e5e4d86bc/versuchsbericht-2025-data.pdf>
- Verschwele, A. (2022). *Symposium „Pflanzenschutz und Gewässerschutz“ 1. Juni 2022, Groitzsch*. Abgerufen 10. Oktober 2025, von https://www.landwirtschaft.sachsen.de/download/Verschwele_JKI_Alternativen-zur-UKB-im-Ackerbau-Vorstellung-InnoHerb.pdf
- Verschwele, A., Vasileiadis, V., Leskovsek, R., & Sattin, M. (2016). On-farm investigations on integrated weed management in maize in three European countries. *Ta-gungsband 27. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und –bekämpfung : 23.-25. Februar 2016, Braunschweig*, 201–205. <https://doi.org/10.5073/jka.2016.452.027>
- Verschwele, D. A., & Bückmann, H. (2021). Mit moderner Technik Herbizide optimal einsetzen. *Getreide-Magazin: die Fachzeitschrift für Spezialisten*, 27(2).
- ZEPP. (2025, 11. Februar). *ZEPP - Kompetenzzentrum für Entscheidungshilfen im Pflanzenschutz*. Abgerufen 08. September 2025, von <https://zepp.info/>

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Ich bin damit einverstanden, dass meine Bachelorarbeit in der Hochschulbibliothek eingestellt wird.

Martina Trost, Neubrandenburg, 21.10.2025

Anhang

Vorkommen der eingegebenen Arten bei Wirkungsbonitur

SAW WG		<i>NV</i>	<i>BÜ</i>	<i>IH</i>
Anzahl	Art			
	gewöhnliche Vogelmiere	170,3	1,5	3
	Ehrenpreis-Arten	67,8	4,5	3,5
	Storachschnabel-Arten	12,5	2,25	1
	Ausfallraps	0,0	0	0
	Kamille-Arten	11,5	0,5	0,25
	zottige Wicke	12,5	4,5	4,25
	Hederich	4,8	0,5	0
Bedeckung:	gewöhnliche Vogelmiere	8,78	0,03	0,03
	Ehrenpreis-Arten	1,47	0,03	0,0315
	Storachschnabel-Arten	0,56	0,03	0,0175
	Ausfallraps	0	0	0
	Kamille-Arten	0,27	0,005	0,00025
	zottige Wicke	0,83	0,11	0,08
	Hederich	0,29	0,0525	0
SLK WG		<i>NV</i>	<i>BÜ</i>	<i>IH</i>
Anzahl	Art			
	Acker-Vergissmeinnicht	24	6,75	3,75
	Gewöhnliche Vogelmiere	8	0,5	0,5
	Kamille-Arten	3	0,25	0
	Acker-Fuchsschwanz	0,3	0	0
	Acker-Hellerkraut	2,8	0,5	1
	Ehrenpreis-Arten	0,5	0	0,25
	Acker-Hundskamille	2,8	0	0,75
	Kletten-Labkraut	0,5	0	1
	Ausfall-Raps	0,8	0	0
	Gänsefuß-Arten	1,3	0	0
Bedeckung	Acker-Vergissmeinnicht	0,88	0,1125	0,05375
	Gewöhnliche Vogelmiere	0,32	0,0125	0,005
	Kamille-Arten	0,08	0,0025	0
	Acker-Fuchsschwanz	0,0125	0	0
	Acker-Hellerkraut	0,17	0,01	0,02
	Ehrenpreis-Arten	0,00375	0	0,0025
	Acker-Hundskamille	0,1	0	0,01
	Kletten-Labkraut	0,0625	0	0,08
	Ausfall-Raps	0,1375	0	0
	Gänsefuß-Arten	0,02	0	0
SAW WW		<i>NV</i>	<i>BÜ</i>	<i>IH</i>
Anzahl	Art			
	Acker-Stiefmütterchen	87	0	0
	Kamille-Arten	45,3	0,8	0,25
	Ehrenpreis-Arten	69	3,5	1,25
	Gewöhnliche Vogelmiere	4,5	0,25	0
	Gemeines Hirtentäschelkraut	0		
	Acker-Schmalwand	1,5	0	0,25
	Einjähriges Rispengras	0,8	0	0
	Hederich	1,8	0	0,25
	Acker-Gänsedistel	1	0	0
	Acker-Hundskamille	1,5	0	0
Bedeckung	Acker-Stiefmütterchen	1,59	0	0
	Kamille-Arten	1,06	0,02	0,00625
	Ehrenpreis-Arten	0,79	0,0525	0,00525
	Gewöhnliche Vogelmiere	0,22	0,00125	0
	Acker-Schmalwand	0,02	0	0,0025
	Einjähriges Rispengras	0,0025	0	0
	Hederich	0,06	0	0,00625
	Acker-Gänsedistel	0,08	0	0
	Acker-Hundskamille	0,05	0	0
SLK WW		<i>NV</i>	<i>BÜ</i>	<i>IH</i>
Anzahl	Kamille	1	0	0,25
Bedeckung	Kamille	0,005	0	0,00125

Artspezifische Wirkungsgrade

SAW WG					
	Anzahl			Bedeckung	
	Wirkungsgrad BÜ	Wirkungsgrad IH	Zielwirkungsgrad IH	Wirkungsgrad BÜ	Wirkungsgrad IH
gewöhnliche Vogelmiere	99%	98%	93%	100%	100%
Ehrenpreis-Arten	93%	95%	91%	98%	98%
Storchschnabel-Arten	82%	92%	87%	95%	97%
Kamille-Arten	96%	98%	82%	98%	100%
Zottige Wicke	64%	66%	0%	87%	90%
Hederich	89%	100%	0%	82%	100%
SLK WG					
	Anzahl			Bedeckung	
	Wirkungsgrad BÜ	Wirkungsgrad IH	Zielwirksamkeit IH	Wirkungsgrad BÜ	Wirkungsgrad IH
Acker-Vergissmeinnicht	72%	84%	0%	87%	94%
Gewöhnliche Vogelmiere	94%	94%	75%	96%	98%
Kamille-Arten	92%	100%	82%	97%	100%
Acker-Fuchsschwanz	100%	100%	89%	100%	100%
Acker-Hellerkraut	82%	64%	75%	94%	88%
Ehrenpreis-Arten	100%	50%	0%	100%	33%
Acker-Hundskamille	100%	73%	0%	100%	90%
Kletten-Labkraut	100%	0%	70%	100%	0%
Ausfall-Raps	100%	100%	70%	100%	100%
Gänsefuß-Arten	100%	100%	0%	100%	100%
SAW WW					
	Anzahl			Bedeckung	
	Wirkungsgrad BÜ	Wirkungsgrad IH	Zielwirkungsgrad IH	Wirkungsgrad BÜ	Wirkungsgrad IH
Acker-Stiefmütterchen	100%	100%	93%	100%	100%
Kamille-Arten	98%	99%	91%	98%	99%
Ehrenpreis-Arten	95%	98%	91%	93%	99%
Gewöhnliche Vogelmiere	94%	100%	75%	99%	100%
Acker-Schmalwand	100%	83%	75%	100%	88%
Einjähriges Rispengras	100%	100%	75%	100%	100%
Hederich	100%	86%	0%	100%	90%
Acker-Gänsedistel	100%	100%	0%	100%	100%
Acker-Hundskamille	100%	100%	0%	100%	100%
SLK WW					
	Anzahl			Bedeckung	
	Wirkungsgrad BÜ	Wirkungsgrad IH	Zielwirkungsgrad IH	Wirkungsgrad BÜ	Wirkungsgrad IH
Kamille-Arten	100%	75%	75%	100%	75%

Anzahl und Bedeckung in den Parzellen in der Wirkungsbonitur:

Anzahl	SAW WG	Variante	Anz. Pfl.	SAW WW	Variante	Anz. Pfl.
		BÜ	28		BÜ	28
		BÜ	21		BÜ	8
		BÜ	15		BÜ	8
		BÜ	33		BÜ	11
		IH	30		IH	8
		IH	27		IH	7
		IH	34		IH	7
		IH	31		IH	14
		N	449		N	386
		N	465		N	287
		N	380		N	215
		N	471		N	430
	SLK WG	Variante	Anzahl Pfl.	SLK WW	Variante	Anzahl Pfl.
		BÜ	10		BÜ	0
		BÜ	2		BÜ	1
		BÜ	5		BÜ	0
		BÜ	14		BÜ	0
		IH	10		IH	0
		IH	1		IH	1
		IH	9		IH	1
		IH	9		IH	0
		N	46		N	0
		N	53		N	5
		N	18		N	0
		N	59		N	0

Bedeckung	SAW WG	Variante	Bedeckung %	SAW WW	Variante	Bedeckung %
		BÜ	0,475		BÜ	0,36
		BÜ	0,26		BÜ	0,115
		BÜ	0,155		BÜ	0,08
		BÜ	0,44		BÜ	0,14
		IH	0,316		IH	0,195
		IH	0,31		IH	0,08
		IH	0,325		IH	0,075
		IH	0,222		IH	0,16
		N	10,63		N	5,901
		N	13,5121		N	3,2075
		N	13,187		N	4,49
		N	21,456		N	8,68
	SLK WG	Variante	Bedeckung %	SLK WW	Variante	Bedeckung %
		BÜ	0,07		BÜ	0
		BÜ	0,05		BÜ	0,005
		BÜ	0,11		BÜ	0
		BÜ	0,29		BÜ	0
		IH	0,385		IH	0
		IH	0,025		IH	0,075
		IH	0,131		IH	0,005
		IH	0,115		IH	0
		N	1,75		N	0
		N	1,615		N	0,03
		N	0,99		N	0
		N	2,775		N	0

Wirkungsgrad der Parzellen

SAW WG	Anzahl	Variante	Wirkungsgrad	Bedeckung	Variante	Wirkungsgrad
		BÜ	94		BÜ	97
		BÜ	95		BÜ	98
		BÜ	97		BÜ	99
		BÜ	93		BÜ	97
		IH	93		IH	98
		IH	94		IH	98
		IH	92		IH	98
		IH	93		IH	98
SAW WW	Anzahl	Variante	Wirkungsgrad	Bedeckung	Variante	Wirkungsgrad
		BÜ	92		BÜ	94
		BÜ	98		BÜ	98
		BÜ	98		BÜ	99
		BÜ	97		BÜ	97
		IH	98		IH	96
		IH	98		IH	99
		IH	98		IH	99
		IH	96		IH	97
SLK WG	Anzahl	Variante	Wirkungsgrad	Bedeckung	Variante	Wirkungsgrad
		BÜ	77		BÜ	96
		BÜ	95		BÜ	97
		BÜ	89		BÜ	94
		BÜ	68		BÜ	84
		IH	77		IH	96
		IH	98		IH	99
		IH	80		IH	99
		IH	80		IH	97
SLK WW	Anzahl	Variante	Wirkungsgrad	Bedeckung	Variante	Wirkungsgrad
		BÜ	100		BÜ	100
		BÜ	20		BÜ	33
		BÜ	100		BÜ	100
		BÜ	100		BÜ	100
		IH	100		IH	100
		IH	20		IH	0
		IH	20		IH	33
		IH	100		IH	100

Unterschied zwischen der Anzahl der Pflanzen/m² in der Wirkungsbonitur zwischen den Varianten BÜ und IH auf der Fläche SAW WG:

Prüfung der: Varianzgleichheit BÜ und IH:

Nullhypothese: Die Varianzen der beiden Varianten sind gleich.

Test	F	df1	df2	p
Levene's Test (Mittelwert)	5,49	1	6	0,058
Levene's Test (Median)	5,45	1	6	0,058
F-Test	7,47	3	3	0,133

Prüfung der Normalverteilung von BÜ und IH:

Nullhypothese: Die Daten weichen nicht signifikant von der Normalverteilung ab.

BÜ:

IH:

Statistiken				p	Statistiken				p
Kolmogorov-Smirnov	0,18	0,996				Kolmogorov-Smirnov	0,18	0,996	
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,18	1				Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,18	1	
Shapiro-Wilk	0,98	0,908				Shapiro-Wilk	0,99	0,962	
Anderson-Darling	0,17	0,802				Anderson-Darling	0,18	0,77	

t-Test zur Prüfung der Signifikanz:

Nullhypothese: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Gruppen BÜ und IH in Bezug auf die Anzahl der Pflanzen.

		t	df	p	Cohens d
Anz. Pfl.	Gleiche Varianzen	-1,49	6	0,187	1,05
	Ungleiche Varianzen	-1,49	3,79	0,215	1,05

Unterschied zwischen der Anzahl der Pflanzen/m² in der Wirkungsbonitur zwischen den PS-Varianten und der NV auf der Fläche SAW WG:

Prüfung der Varianzgleichheit PS und NV:

Nullhypothese: Die Varianzen der beiden Varianten sind gleich.

Test	F	df1	df2	p
Levene's Test (Mittelwert)	11,02	1	10	0,008
Levene's Test (Median)	3,70	1	10	0,083
F-Test	42,35	3	7	<0,001

Prüfung der Normalverteilung von PS und NV:

Nullhypothese: Die Daten weichen nicht signifikant von der Normalverteilung ab.

PS:

NV:

Statistiken				p	Statistiken				p
Kolmogorov-Smirnov	0,23	0,727				Kolmogorov-Smirnov	0,32	0,695	
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,23	0,294				Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,32	0,189	
Shapiro-Wilk	0,89	0,259				Shapiro-Wilk	0,81	0,118	
Anderson-Darling	0,40	0,27				Anderson-Darling	0,47	0,107	

t-Test zur Prüfung der Signifikanz:

Nullhypothese: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Gruppen PS und NV in Bezug auf die Anzahl der Pflanzen.

		t	df	p	Cohens d
Anz. Pfl.	Gleiche Varianzen	-28,69	10	<0,001	17,57
	Ungleiche Varianzen	-19,65	3,07	<0,001	12,03

Unterschied zwischen der Anzahl der Pflanzen/m² in der Wirkungsbonitur zwischen den Varianten BÜ und IH auf der Fläche SAW WW:

Prüfung der Normalverteilung von BÜ und IH:

Nullhypothese: Die Daten weichen nicht signifikant von der Normalverteilung ab.

BÜ:

IH:

	Statistiken	p		Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,36	0,561	Kolmogorov-Smirnov	0,37	0,547
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,36	0,071	Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,37	0,064
Shapiro-Wilk	0,73	0,027	Shapiro-Wilk	0,73	0,024
Anderson-Darling	0,60	0,038	Anderson-Darling	0,61	0,036

Mann-Whitney U-Test zur Prüfung der Signifikanz:

Nullhypothese: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Gruppen BÜ und IH in Bezug auf die Anzahl der Pflanzen.

	U	z	asymptotisch p	exakt p	r
Anz. Pfl.	4,00	-1,19	0,234	0,343	0,42

Unterschied zwischen der Anzahl der Pflanzen/m² in der Wirkungsbonitur zwischen den PS-Varianten und der NV auf der Fläche SAW WW:

Prüfung der Normalverteilung von PS und NV:

Nullhypothese: Die Daten weichen nicht signifikant von der Normalverteilung ab.

PS:

NV:

	Statistiken	p		Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,31	0,363	Kolmogorov-Smirnov	0,22	0,969
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,31	0,025	Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,22	1
Shapiro-Wilk	0,67	0,001	Shapiro-Wilk	0,96	0,754
Anderson-Darling	1,17	0,002	Anderson-Darling	0,21	0,649

Mann-Whitney U-Test zur Prüfung der Signifikanz:

Nullhypothese: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Gruppen PS und NV in Bezug auf die Anzahl der Pflanzen.

	U	z	asymptotisch p	exakt p	r
Anz. Pfl.	0,00	-2,74	0,006	0,004	0,79

Unterschied zwischen der Anzahl der Pflanzen/m² in der Wirkungsbonitur zwischen den Varianten BÜ und IH auf der Fläche SLK WG:

Prüfung der Normalverteilung von BÜ und IH:

Nullhypothese: Die Daten weichen nicht signifikant von der Normalverteilung ab.

BÜ:

IH:

	Statistiken	p		Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,20	0,989	Kolmogorov-Smirnov	0,41	0,401
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,20	1	Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,41	0,017
Shapiro-Wilk	0,97	0,857	Shapiro-Wilk	0,73	0,022
Anderson-Darling	0,19	0,754	Anderson-Darling	0,65	0,027

Mann-Whitney U-Test zur Prüfung der Signifikanz:

Nullhypothese: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Gruppen BÜ und IH in Bezug auf die Anzahl der Pflanzen.

	U	z	asymptotisch p	exakt p	r
Anzahl Pfl.	6,50	-0,44	0,661	0,686	0,15

Unterschied zwischen der Anzahl der Pflanzen/m² in der Wirkungsbonitur zwischen den PS-Varianten und der NV auf der Fläche SLK WG:

Prüfung der Varianzgleichheit PS und NV:

Nullhypothese: Die Varianzen der beiden Varianten sind gleich.

Test	F	df1	df2	p
Levene's Test (Mittelwert)	6,84	1	10	0,026
Levene's Test (Median)	3,39	1	10	0,095
F-Test	16,67	3	7	0,003

Prüfung der Normalverteilung von PS und NV:

Nullhypothese: Die Daten weichen nicht signifikant von der Normalverteilung ab.

PS:

NV:

	Statistiken	p		Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,26	0,579	Kolmogorov-Smirnov	0,29	0,789
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,26	0,13	Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,29	0,357
Shapiro-Wilk	0,92	0,435	Shapiro-Wilk	0,87	0,31
Anderson-Darling	0,38	0,301	Anderson-Darling	0,36	0,236

t-Test zur Prüfung der Signifikanz:

Nullhypothese: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Gruppen PS und NV in Bezug auf die Anzahl der Pflanzen.

		t	df	p	Cohens d
Anzahl Pfl.	Gleiche Varianzen	-5,62	10	<0,001	3,44
	Ungleiche Varianzen	-3,97	3,18	0,026	2,43

Unterschied zwischen der Anzahl der Pflanzen/m² in der Wirkungsbonitur zwischen den Varianten BÜ und IH auf der Fläche SLK WW:

Prüfung der Normalverteilung von BÜ und IH:

Nullhypothese: Die Daten weichen nicht signifikant von der Normalverteilung ab.

BÜ:

IH:

	Statistiken	p		Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,44	0,315	Kolmogorov-Smirnov	0,31	0,75
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,44	0,006	Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,31	0,274
Shapiro-Wilk	0,63	0,001	Shapiro-Wilk	0,73	0,024
Anderson-Darling	0,83	0,007	Anderson-Darling	0,58	0,047

Mann-Whitney U-Test zur Prüfung der Signifikanz:

Nullhypothese: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Gruppen BÜ und IH in Bezug auf die Anzahl der Pflanzen.

	U	z	asymptotisch p	exakt p	r
Anzahl Pfl.	6,00	-0,68	0,495	0,686	0,24

Unterschied zwischen der Anzahl der Pflanzen/m² in der Wirkungsbonitur zwischen den PS-Varianten und der NV auf der Fläche SLK WW:

Prüfung der Normalverteilung von PS und NV:

Nullhypothese: Die Daten weichen nicht signifikant von der Normalverteilung ab.

PS:

NV:

	Statistiken	p		Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,39	0,131	Kolmogorov-Smirnov	0,44	0,315
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,39	0,001	Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,44	0,006
Shapiro-Wilk	0,64	<0,001	Shapiro-Wilk	0,63	0,001
Anderson-Darling	1,40	<0,001	Anderson-Darling	0,83	0,007

Mann-Whitney U-Test zur Prüfung der Signifikanz:

Nullhypothese: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Gruppen PS und NV in Bezug auf die Anzahl der Pflanzen.

	U	z	asymptotisch p	exakt p	r
Anzahl Pfl.	15,50	-0,10	0,919	0,933	0,03

Unterschied zwischen der Bedeckung durch Pflanzen in der Wirkungsbonitur zwischen den Varianten BÜ und IH auf der Fläche SAW WG:

Prüfung der Normalverteilung von BÜ und IH:

Nullhypothese: Die Daten weichen nicht signifikant von der Normalverteilung ab.

BÜ:

IH:

	Statistiken	p		Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,26	0,879	Kolmogorov-Smirnov	0,39	0,48
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,26	0,654	Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,39	0,037
Shapiro-Wilk	0,91	0,481	Shapiro-Wilk	0,75	0,038
Anderson-Darling	0,28	0,424	Anderson-Darling	0,59	0,041

Mann-Whitney U-Test zur Prüfung der Signifikanz:

Nullhypothese: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Gruppen BÜ und IH in Bezug auf die Bedeckung durch Pflanzen.

	U	z	asymptotisch p	exakt p	r
Bedeckung %	7,00	-0,29	0,773	0,886	0,10

Unterschied zwischen der Bedeckung durch Pflanzen in der Wirkungsbonitur zwischen den Varianten PS und NV auf der Fläche SAW WG:

Prüfung der Normalverteilung von PS und NV:

Nullhypothese: Die Daten weichen nicht signifikant von der Normalverteilung ab.

PS:

NV:

	Statistiken	p		Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,20	0,83	Kolmogorov-Smirnov	0,35	0,606
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,20	0,489	Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,35	0,1
Shapiro-Wilk	0,96	0,785	Shapiro-Wilk	0,85	0,233
Anderson-Darling	0,24	0,67	Anderson-Darling	0,42	0,147

Mann-Whitney U-Test zur Prüfung der Signifikanz:

Nullhypothese: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Gruppen PS und NV in Bezug auf die Bedeckung der Pflanzen.

		t	df	p	Cohens d
Bedeckung %	Gleiche Varianzen	-9,14	10	<0,001	5,6
	Ungleiche Varianzen	-6,14	3	0,009	3,76

Unterschied zwischen der Bedeckung durch Pflanzen in der Wirkungsbonitur zwischen den Varianten BÜ und IH auf der Fläche SAW WW:

Prüfung der: Varianzgleichheit BÜ und IH:

Nullhypothese: Die Varianzen der beiden Varianten sind gleich.

Test	F	df1	df2	p
Levene's Test (Mittelwert)	1,59	1	6	0,254
Levene's Test (Median)	0,24	1	6	0,64
F-Test	4,52	3	3	0,247

Prüfung der Normalverteilung von BÜ und IH:

Nullhypothese: Die Daten weichen nicht signifikant von der Normalverteilung ab.

BÜ:

	Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,36	0,587
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,36	0,087
Shapiro-Wilk	0,80	0,11
Anderson-Darling	0,49	0,09

IH:

	Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,29	0,808
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,29	0,405
Shapiro-Wilk	0,86	0,273
Anderson-Darling	0,35	0,251

t-Test zur Prüfung der Signifikanz:

Nullhypothese: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Gruppen BÜ und IH in Bezug auf die Bedeckung durch Pflanzen.

		t	df	p	Cohens d
Bedeckung %	Gleiche Varianzen	0,66	6	0,533	0,47
	Ungleiche Varianzen	0,66	4,26	0,542	0,47

Unterschied zwischen der Bedeckung durch Pflanzen in der Wirkungsbonitur zwischen den Varianten PS und NV auf der Fläche SAW WW:

Prüfung der Normalverteilung von PS und NV:

Nullhypothese: Die Daten weichen nicht signifikant von der Normalverteilung ab.

PS:

	Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,21	0,794
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,21	0,409
Shapiro-Wilk	0,80	0,028
Anderson-Darling	0,66	0,051

NV:

	Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,19	0,991
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,19	1
Shapiro-Wilk	0,97	0,816
Anderson-Darling	0,20	0,672

Mann-Whitney U-Test zur Prüfung der Signifikanz:

Nullhypothese: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Gruppen PS und NV in Bezug auf die Bedeckung der Pflanzen.

	U	z	asymptotisch p	exakt p	r
Bedeckung %	0,00	-2,72	0,006	0,004	0,79

Unterschied zwischen der Bedeckung durch Pflanzen in der Wirkungsbonitur zwischen den Varianten BÜ und IH auf der Fläche SLK WG:

Prüfung der: Varianzgleichheit BÜ und IH:

Nullhypothese: Die Varianzen der beiden Varianten sind gleich.

Test	F	df1	df2	p
Levene's Test (Mittelwert)	0,34	1	6	0,583
Levene's Test (Median)	0,10	1	6	0,757
F-Test	1,99	3	3	0,586

Prüfung der Normalverteilung von BÜ und IH:

Nullhypothese: Die Daten weichen nicht signifikant von der Normalverteilung ab.

BÜ:

IH:

	Statistiken	p		Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,32	0,699	Kolmogorov-Smirnov	0,33	0,658
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,32	0,193	Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,33	0,146
Shapiro-Wilk	0,82	0,138	Shapiro-Wilk	0,87	0,309
Anderson-Darling	0,45	0,117	Anderson-Darling	0,39	0,196

t-Test zur Prüfung der Signifikanz:

Nullhypothese: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Gruppen BÜ und IH in Bezug auf die Bedeckung durch Pflanzen.

		t	df	p	Cohens d
Bedeckung %	Gleiche Varianzen	-0,36	6	0,732	0,25
	Ungleiche Varianzen	-0,36	5,41	0,733	0,25

Unterschied zwischen der Bedeckung durch Pflanzen in der Wirkungsbonitur zwischen den Varianten PS und NV auf der Fläche SLK WG:

Prüfung der Normalverteilung von PS und NV:

Nullhypothese: Die Daten weichen nicht signifikant von der Normalverteilung ab.

PS:

NV:

	Statistiken	p		Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,30	0,387	Kolmogorov-Smirnov	0,27	0,864
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,30	0,032	Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,27	0,588
Shapiro-Wilk	0,84	0,083	Shapiro-Wilk	0,95	0,718
Anderson-Darling	0,61	0,071	Anderson-Darling	0,26	0,496

Mann-Whitney U-Test zur Prüfung der Signifikanz:

Nullhypothese: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Gruppen PS und NV in Bezug auf die Bedeckung der Pflanzen.

	U	z	asymptotisch p	exakt p	r
Bedeckung %	0,00	-2,72	0,007	0,004	0,78

Unterschied zwischen der Bedeckung durch Pflanzen in der Wirkungsbonitur zwischen den Varianten BÜ und IH auf der Fläche SLK WW:

Prüfung der Normalverteilung von BÜ und IH:

Nullhypothese: Die Daten weichen nicht signifikant von der Normalverteilung ab.

BÜ:

IH:

	Statistiken	p		Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,44	0,315	Kolmogorov-Smirnov	0,41	0,411
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,44	0,006	Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,41	0,019
Shapiro-Wilk	0,63	0,001	Shapiro-Wilk	0,68	0,006
Anderson-Darling	0,83	0,007	Anderson-Darling	0,72	0,016

Mann-Whitney U-Test zur Prüfung der Signifikanz:

Nullhypothese: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Gruppen BÜ und IH in Bezug auf die Bedeckung durch Pflanzen.

	U	z	asymptotisch p	exakt p	r
Bedeckung %	5,50	-0,83	0,405	0,486	0,29

Unterschied zwischen der Bedeckung durch Pflanzen in der Wirkungsbonitur zwischen den Varianten PS und NV auf der Fläche SLK WW:

Prüfung der Normalverteilung von PS und NV:

Nullhypothese: Die Daten weichen nicht signifikant von der Normalverteilung ab.

PS:

NV:

	Statistiken	p		Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,46	0,045	Kolmogorov-Smirnov	0,44	0,315
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,46	<0,001	Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,44	0,006
Shapiro-Wilk	0,48	<0,001	Shapiro-Wilk	0,63	0,001
Anderson-Darling	2,04	<0,001	Anderson-Darling	0,83	0,007

Mann-Whitney U-Test zur Prüfung der Signifikanz:

Nullhypothese: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Gruppen PS und NV in Bezug auf die Bedeckung der Pflanzen.

	U	z	asymptotisch p	exakt p	r
Bedeckung %	14,50	-0,30	0,761	0,808	0,09

Unterschied zwischen den Kosten der Herbizide BÜ vs. IH:

Prüfung der Normalverteilung von BÜ und IH:

Nullhypothese: Die Daten weichen nicht signifikant von der Normalverteilung ab.

BÜ:

IH:

	Statistiken	p		Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,31	0,75	Kolmogorov-Smirnov	0,19	0,993
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,31	0,274	Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,19	1
Shapiro-Wilk	0,73	0,024	Shapiro-Wilk	0,99	0,96
Anderson-Darling	0,58	0,047	Anderson-Darling	0,18	0,771

Mann-Whitney U-Test zur Prüfung der Signifikanz:

Nullhypothese: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Gruppen BÜ und IH in Bezug auf die Variable Kosten

	U	z	asymptotisch p	exakt p	r
Kosten	0,00	-2,34	0,019	0,029	0,83

Unterschied zwischen dem BI der Varianten BÜ und IH:

Prüfung der Normalverteilung von BÜ und IH:

Nullhypothese: Die Daten weichen nicht signifikant von der Normalverteilung ab.

BÜ:

IH:

	Statistiken	p		Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,31	0,75	Kolmogorov-Smirnov	0,29	0,788
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,31	0,274	Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,29	0,355
Shapiro-Wilk	0,73	0,024	Shapiro-Wilk	0,83	0,157
Anderson-Darling	0,58	0,047	Anderson-Darling	0,43	0,139

Mann-Whitney U-Test zur Prüfung der Signifikanz:

Nullhypothese: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Gruppen BÜ und IH in Bezug auf die Variable Kosten.

	U	z	asymptotisch p	exakt p	r
BI	0,00	-2,34	0,019	0,029	0,83

Unterschied Wirkungsgrad Anzahl BÜ und IH SAW WG

Prüfung der Varianzgleichheit von BÜ und IH.

Nullhypothese: Die Varianzen der beiden Gruppen sind gleich.

Test	F	df1	df2	p
Levene's Test (Mittelwert)	1,93	1	6	0,214
Levene's Test (Median)	1,80	1	6	0,228
F-Test	4,38	3	3	0,257

Prüfung der Normalverteilung von BÜ und IH:

Nullhypothese: Die Daten weichen nicht signifikant von der Normalverteilung ab.

BÜ:

IH:

	Statistiken	p		Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,19	0,992	Kolmogorov-Smirnov	0,25	0,906
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,19	1	Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,25	0,79
Shapiro-Wilk	0,97	0,85	Shapiro-Wilk	0,94	0,683
Anderson-Darling	0,20	0,705	Anderson-Darling	0,28	0,41

t-Test zur Prüfung der Signifikanz:

Nullhypothese: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Gruppen BÜ und IH in Bezug auf den Wirkungsgrad

		t	df	p	Cohens d
Wirkungsgrad	Gleiche Varianzen	1,85	6	0,114	1,31
	Ungleiche Varianzen	1,85	4,3	0,133	1,31

Unterschied Wirkungsgrad Bedeckung BÜ und IH SAW WG

Prüfung der Normalverteilung von BÜ und IH:

Nullhypothese: Die Daten weichen nicht signifikant von der Normalverteilung ab.

BÜ:

IH:

	Statistiken	p		Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,28	0,821	Kolmogorov-Smirnov		
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,28	0,44	Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)		
Shapiro-Wilk	0,86	0,272	Shapiro-Wilk		
Anderson-Darling	0,35	0,255	Anderson-Darling		

Mann-Whitney U-Test zur Prüfung der Signifikanz:

Nullhypothese: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Gruppen BÜ und IH in Bezug auf die Variable Wirkungsgrad.

	U	z	asymptotisch p	exakt p	r
Wirkungsgrad	6,00	-0,67	0,505	0,686	0,24

Unterschied Wirkungsgrad Anzahl BÜ und IH SAW WW

Prüfung der Normalverteilung von BÜ und IH:

Nullhypothese: Die Daten weichen nicht signifikant von der Normalverteilung ab.

BÜ:

IH:

	Statistiken	p		Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,35	0,595	Kolmogorov-Smirnov	0,44	0,315
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,35	0,092	Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,44	0,006
Shapiro-Wilk	0,74	0,034	Shapiro-Wilk	0,63	0,001
Anderson-Darling	0,58	0,045	Anderson-Darling	0,83	0,007

Mann-Whitney U-Test zur Prüfung der Signifikanz:

Nullhypothese: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Gruppen BÜ und IH in Bezug auf die Variable Wirkungsgrad.

	U	z	asymptotisch p	exakt p	r
Wirkungsgrad	6,00	-0,66	0,508	0,686	0,23

Unterschied Wirkungsgrad Bedeckung BÜ und IH SAW WW

Prüfung der Varianzgleichheit von BÜ und IH.

Nullhypothese: Die Varianzen der beiden Gruppen sind gleich.

Test	F	df1	df2	p
Levene's Test (Mittelwert)	0,14	1	6	0,725
Levene's Test (Median)	0,11	1	6	0,75
F-Test	2,07	3	3	0,564

Prüfung der Normalverteilung von BÜ und IH:

Nullhypothese: Die Daten weichen nicht signifikant von der Normalverteilung ab.

BÜ:

IH:

	Statistiken	p		Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,25	0,906	Kolmogorov-Smirnov	0,30	0,778
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,25	0,79	Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,30	0,331
Shapiro-Wilk	0,93	0,577	Shapiro-Wilk	0,85	0,224
Anderson-Darling	0,27	0,45	Anderson-Darling	0,37	0,215

t-Test zur Prüfung der Signifikanz:

Nullhypothese: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Gruppen BÜ und IH in Bezug auf die Variable Wirkungsgrad.

		t	df	p	Cohens d
Wirkungsgrad	Gleiche Varianzen	-0,57	6	0,589	0,4
	Ungleiche Varianzen	-0,57	5,35	0,592	0,4

Unterschied Wirkungsgrad Anzahl BÜ und IH SLK WG

Prüfung der Normalverteilung von BÜ und IH:

Nullhypothese: Die Daten weichen nicht signifikant von der Normalverteilung ab.

BÜ:

IH:

	Statistiken	p		Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,21	0,978	Kolmogorov-Smirnov	0,40	0,431
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,21	1	Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,40	0,023
Shapiro-Wilk	0,96	0,796	Shapiro-Wilk	0,75	0,041
Anderson-Darling	0,20	0,692	Anderson-Darling	0,60	0,04

Mann-Whitney U-Test zur Prüfung der Signifikanz:

Nullhypothese: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Gruppen BÜ und IH in Bezug auf die Variable Wirkungsgrad.

	U	z	asymptotisch p	exakt p	r
Wirkungsgrad	6,50	-0,44	0,661	0,686	0,15

Unterschied Wirkungsgrad Bedeckung BÜ und IH SLK WG

Prüfung der Varianzgleichheit von BÜ und IH.

Nullhypothese: Die Varianzen der beiden Gruppen sind gleich.

Test	F	df1	df2	p
Levene's Test (Mittelwert)	3,82	1	6	0,098
Levene's Test (Median)	1,05	1	6	0,345
F-Test	15,81	3	3	0,048

Prüfung der Normalverteilung von BÜ und IH:

Nullhypothese: Die Daten weichen nicht signifikant von der Normalverteilung ab.

BÜ:

IH:

	Statistiken	p		Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,33	0,663	Kolmogorov-Smirnov	0,30	0,778
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,33	0,151	Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,30	0,331
Shapiro-Wilk	0,80	0,111	Shapiro-Wilk	0,85	0,224
Anderson-Darling	0,48	0,099	Anderson-Darling	0,37	0,215

t-Test zur Prüfung der Signifikanz:

Nullhypothese: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Gruppen BÜ und IH in Bezug auf die Variable Wirkungsgrad.

		t	df	p	Cohens d
Wirkungsgrad	Gleiche Varianzen	-1,63	6	0,155	1,15
	Ungleiche Varianzen	-1,63	3,38	0,192	1,15

Unterschied Wirkungsgrad Anzahl BÜ und IH SLK WW

Prüfung der Normalverteilung von BÜ und IH:

Nullhypothese: Die Daten weichen nicht signifikant von der Normalverteilung ab.

BÜ:

IH:

	Statistiken	p		Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,44	0,315	Kolmogorov-Smirnov	0,31	0,75
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,44	0,006	Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,31	0,274
Shapiro-Wilk	0,63	0,001	Shapiro-Wilk	0,73	0,024
Anderson-Darling	0,83	0,007	Anderson-Darling	0,58	0,047

Mann-Whitney U-Test zur Prüfung der Signifikanz:

Nullhypothese: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Gruppen BÜ und IH in Bezug auf die Variable Wirkungsgrad.

	U	z	asymptotisch p	exakt p	r
Wirkungsgrad	6,00	-0,68	0,495	0,686	0,24

Unterschied Wirkungsgrad Bedeckung BÜ und IH SLK WW

Prüfung der Normalverteilung von BÜ und IH:

Nullhypothese: Die Daten weichen nicht signifikant von der Normalverteilung ab.

BÜ:

IH:

	Statistiken	p		Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,44	0,315	Kolmogorov-Smirnov	0,30	0,777
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,44	0,006	Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,30	0,33
Shapiro-Wilk	0,63	0,001	Shapiro-Wilk	0,85	0,222
Anderson-Darling	0,83	0,007	Anderson-Darling	0,37	0,213

Mann-Whitney U-Test zur Prüfung der Signifikanz:

Nullhypothese: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Gruppen BÜ und IH in Bezug auf die Variable Wirkungsgrad.

	U	z	asymptotisch p	exakt p	r
Wirkungsgrad	5,50	-0,83	0,405	0,486	0,29

Unterschied Wirkungsgrad Anzahl BÜ und IH gesamt

Prüfung der Normalverteilung von BÜ und IH:

Nullhypothese: Die Daten weichen nicht signifikant von der Normalverteilung ab.

BÜ:

IH:

	Statistiken	p		Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,33	0,051	Kolmogorov-Smirnov	0,32	0,065
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,33	<0,001	Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,32	<0,001
Shapiro-Wilk	0,59	<0,001	Shapiro-Wilk	0,62	<0,001
Anderson-Darling	2,50	<0,001	Anderson-Darling	2,54	<0,001

Mann-Whitney U-Test zur Prüfung der Signifikanz:

Nullhypothese: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Gruppen BÜ und IH in Bezug auf die Variable Wirkungsgrad.

	U	z	asymptotisch p	exakt p	r
Wirkungsgrad	117,50	-0,40	0,69	0,696	0,07

Unterschied Wirkungsgrad Bedeckung BÜ und IH gesamt

Prüfung der Normalverteilung von BÜ und IH:

Nullhypothese: Die Daten weichen nicht signifikant von der Normalverteilung ab.

BÜ:

IH:

	Statistiken	p		Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,41	0,007	Kolmogorov-Smirnov	0,49	0,001
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,41	<0,001	Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,49	<0,001
Shapiro-Wilk	0,44	<0,001	Shapiro-Wilk	0,45	<0,001
Anderson-Darling	3,63	<0,001	Anderson-Darling	4,23	<0,001

Mann-Whitney U-Test zur Prüfung der Signifikanz:

Nullhypothese: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Gruppen BÜ und IH in Bezug auf die Variable Wirkungsgrad.

	U	z	asymptotisch p	exakt p	r
Wirkungsgrad	115,50	-0,48	0,633	0,642	0,08

Unterschied Wirkungsgrad Anzahl BÜ und IH gesamt ohne SLK WW

Prüfung der Normalverteilung von BÜ und IH:

Nullhypothese: Die Daten weichen nicht signifikant von der Normalverteilung ab.

BÜ:

IH:

	Statistiken	p		Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,29	0,22	Kolmogorov-Smirnov	0,28	0,253
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,29	0,006	Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,28	0,01
Shapiro-Wilk	0,73	0,002	Shapiro-Wilk	0,78	0,006
Anderson-Darling	1,35	0,001	Anderson-Darling	1,13	0,004

Mann-Whitney U-Test zur Prüfung der Signifikanz:

Nullhypothese: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Gruppen BÜ und IH in Bezug auf die Variable Wirkungsgrad.

	U	z	asymptotisch p	exakt p	r
Wirkungsgrad	68,50	-0,20	0,838	0,843	0,04

Unterschied Wirkungsgrad Bedeckung BÜ und IH gesamt ohne SLK WW

Prüfung der Normalverteilung von BÜ und IH:

Nullhypothese: Die Daten weichen nicht signifikant von der Normalverteilung ab.

BÜ:

IH:

	Statistiken	p		Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,28	0,254	Kolmogorov-Smirnov	0,23	0,501
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,28	0,01	Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,23	0,091
Shapiro-Wilk	0,68	0,001	Shapiro-Wilk	0,86	0,048
Anderson-Darling	1,44	0,001	Anderson-Darling	0,66	0,064

Mann-Whitney U-Test zur Prüfung der Signifikanz:

Nullhypothese: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Gruppen BÜ und IH in Bezug auf die Variable Wirkungsgrad.

	U	z	asymptotisch p	exakt p	r
Wirkungsgrad	45,00	-1,60	0,11	0,128	0,33

Unterschied Wirkungsgrad Anzahl IH Standort SAW und SLK

Prüfung der Normalverteilung von SAW und SLK:

Nullhypothese: Die Daten weichen nicht signifikant von der Normalverteilung ab.

SAW:

SLK:

	Statistiken	p		Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,23	0,688	Kolmogorov-Smirnov	0,31	0,347
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,23	0,241	Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,31	0,022
Shapiro-Wilk	0,84	0,085	Shapiro-Wilk	0,77	0,013
Anderson-Darling	0,55	0,106	Anderson-Darling	0,84	0,016

Mann-Whitney U-Test zur Prüfung der Signifikanz:

Nullhypothese: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Standorten in Bezug auf die Variable Wirkungsgrad.

	U	z	asymptotisch p	exakt p	r
Wirkungsgrad	22,50	-1,01	0,313	0,328	0,25

Unterschied Wirkungsgrad Bedeckung IH Standort SAW und SLK

Prüfung der Normalverteilung von SAW und SLK:

Nullhypothese: Die Daten weichen nicht signifikant von der Normalverteilung ab.

SAW:

SLK:

	Statistiken	p		Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,30	0,389	Kolmogorov-Smirnov	0,43	0,076
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,30	0,032	Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,43	<0,001
Shapiro-Wilk	0,87	0,156	Shapiro-Wilk	0,64	<0,001
Anderson-Darling	0,56	0,103	Anderson-Darling	1,46	<0,001

Mann-Whitney U-Test zur Prüfung der Signifikanz:

Nullhypothese: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Standorten in Bezug auf die Variable Wirkungsgrad.

	U	z	asymptotisch p	exakt p	r
Wirkungsgrad	32,00	0,00	1	1	0,00

Unterschied Wirkungsgrad Anzahl IH Kultur WG und WW

Prüfung der Normalverteilung von WG und WW

Nullhypothese: Die Daten weichen nicht signifikant von der Normalverteilung ab.

WG:

WW:

	Statistiken	p		Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,23	0,688	Kolmogorov-Smirnov	0,31	0,347
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,23	0,241	Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,31	0,022
Shapiro-Wilk	0,84	0,085	Shapiro-Wilk	0,77	0,013
Anderson-Darling	0,55	0,106	Anderson-Darling	0,84	0,016

Mann-Whitney U-Test zur Prüfung der Signifikanz:

Nullhypothese: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Kulturen in Bezug auf die Variable Wirkungsgrad.

	U	z	asymptotisch p	exakt p	r
Wirkungsgrad	22,50	-1,01	0,313	0,328	0,25

Unterschied Wirkungsgrad Bedeckung IH Kultur WG und WW

Prüfung der Normalverteilung von WG und WW:

Nullhypothese: Die Daten weichen nicht signifikant von der Normalverteilung ab.

WG:

	Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,30	0,389
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,30	0,032
Shapiro-Wilk	0,87	0,156
Anderson-Darling	0,56	0,103

WW:

	Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,43	0,076
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,43	<0,001
Shapiro-Wilk	0,64	<0,001
Anderson-Darling	1,46	<0,001

Mann-Whitney U-Test zur Prüfung der Signifikanz:

Nullhypothese: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Kulturen in Bezug auf die Variable Wirkungsgrad.

	U	z	asymptotisch p	exakt p	r
Wirkungsgrad	32,00	0,00	1	1	0,00

Unterschied Wirkungsgrad Anzahl BÜ zwischen den Standorten SAW und SLK

Prüfung der Normalverteilung von SAW und SLK:

Nullhypothese: Die Daten weichen nicht signifikant von der Normalverteilung ab.

SAW:

	Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,24	0,661
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,24	0,209
Shapiro-Wilk	0,90	0,293
Anderson-Darling	0,36	0,343

SLK:

	Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,25	0,636
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,25	0,182
Shapiro-Wilk	0,75	0,009
Anderson-Darling	0,82	0,018

Mann-Whitney U-Test zur Prüfung der Signifikanz:

Nullhypothese: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Standorten in Bezug auf die Variable Wirkungsgrad.

	U	z	asymptotisch p	exakt p	r
Wirkungsgrad	27,50	-0,48	0,635	0,645	0,12

Unterschied Wirkungsgrad Bedeckung BÜ zwischen den Standorten SAW und SLK

Prüfung der Normalverteilung von SAW und SLK:

Nullhypothese: Die Daten weichen nicht signifikant von der Normalverteilung ab.

SAW:

	Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,28	0,465
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,28	0,06
Shapiro-Wilk	0,85	0,087
Anderson-Darling	0,56	0,103

SLK:

	Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,35	0,212
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,35	0,004
Shapiro-Wilk	0,60	<0,001
Anderson-Darling	1,47	<0,001

Mann-Whitney U-Test zur Prüfung der Signifikanz:

Nullhypothese: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Standorten in Bezug auf die Variable Wirkungsgrad.

	U	z	asymptotisch p	exakt p	r
Wirkungsgrad	28,00	-0,43	0,671	0,721	0,11

Unterschied Wirkungsgrad Anzahl BÜ Kultur WG und WW

Prüfung der Normalverteilung von WG und WW

Nullhypothese: Die Daten weichen nicht signifikant von der Normalverteilung ab.

WG:

WW:

	Statistiken	p		Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,29	0,423	Kolmogorov-Smirnov	0,43	0,073
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,29	0,043	Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,43	<0,001
Shapiro-Wilk	0,78	0,017	Shapiro-Wilk	0,49	<0,001
Anderson-Darling	0,85	0,016	Anderson-Darling	1,97	<0,001

Mann-Whitney U-Test zur Prüfung der Signifikanz:

Nullhypothese: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Kulturen in Bezug auf die Variable Wirkungsgrad.

	U	z	asymptotisch p	exakt p	r
Wirkungsgrad	13,50	-1,95	0,051	0,05	0,49

Unterschied Wirkungsgrad Bedeckung BÜ Kultur WG und WW

Prüfung der Normalverteilung von WG und WW

Nullhypothese: Die Daten weichen nicht signifikant von der Normalverteilung ab.

WG:

WW:

	Statistiken	p		Statistiken	p
Kolmogorov-Smirnov	0,31	0,342	Kolmogorov-Smirnov	0,44	0,062
Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,31	0,021	Kolmogorov-Smirnov (Korr. nach Lilliefors)	0,44	<0,001
Shapiro-Wilk	0,69	0,002	Shapiro-Wilk	0,49	<0,001
Anderson-Darling	1,12	0,003	Anderson-Darling	1,98	<0,001

Mann-Whitney U-Test zur Prüfung der Signifikanz:

Nullhypothese: Es gibt keinen Unterschied zwischen den Kulturen in Bezug auf die Variable Wirkungsgrad.

	U	z	asymptotisch p	exakt p	r
Wirkungsgrad	20,00	-1,28	0,202	0,235	0,32