

Hochschule Anhalt

Anhalt University of Applied Sciences

Bachelorarbeit

Thema: Sanierungskonzept für einen Standort mit resistentem
Ackerfuchsschwanz

Vorgelegt von: Marit Kreissl

Geboren am: 13.05.1975

Studiengang: Fernstudium Landwirtschaft / Agrarmanagement

1. Gutachter: Prof. Dr. Hansgeorg Schönberger

2. Gutachter: Prof. Dr. Annette Deubel

Datum der Abgabe: 21.07.2022

Inhalt

Inhalt	I
Abkürzungsverzeichnis	III
Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VII
1 Einleitung	1
2 Grundlagen	4
2.1 Biologie des Ackerfuchsschwanzes	4
2.2 Herbizide	5
2.2.1 HRAC 1 - Acetyl-CoA-Carboxylase-Hemmer (ACCCase-Hemmer)	6
2.2.2 HRAC 2 - Acetolactat-Synthase-Hemmer (ALS-Hemmer)	6
2.2.3 HRAC 3 - Mikrotubuli-Hemmer	7
2.2.4 HRAC 5 - Photosystem II-Hemmer (PS-Hemmer)	8
2.2.5 HRAC 15 - Fettsäure-Synthase-Hemmer (VLCFA-Hemmer)	8
2.2.6 HRAC 32 - Protoporphyrinogen-Oxidase-Hemmer	8
2.3 Herbizidresistenzen	9
2.4 Unterscheidung verschiedener Resistenztypen	10
2.4.1 Wirkortspezifische Resistenz	10
2.4.2 Metabolische Resistenz	10
3 Material und Methoden	11
4 Stand des Wissens	12
4.1 Bodenbearbeitung	12
4.1.1 Pflug	13
4.1.2 Grubber	15
4.1.3 Strohstriegel	15
4.2 Fruchtfolge und Saattermin	16
4.2.1 Saattermin	16
4.2.2 Sommerungen	19
4.2.3 Blattfrüchte	24

II

4.3	Herbizidmanagement	25
4.3.1	Herbstanwendungen im Getreide	27
4.3.2	Frühjahrsanwendungen im Getreide	29
4.3.3	Spritzfolgen im Getreide	30
4.3.4	Herbizidmaßnahmen im Raps	30
4.4	Kombination ackerbaulicher Verfahren	32
5	Diskussion	33
5.1	Standort „Gehäußgraben groß“	33
5.1.1	Fruchtfolgeglied 1 - Ackerbohnen	39
5.1.2	Fruchtfolgeglied 2 - Sommerdurum nach Zwischenfrucht	40
5.1.3	Fruchtfolgeglied 3 - Sommergerste nach Zwischenfrucht	41
5.1.4	Fruchtfolgeglied 4 - Winterraps	41
5.2	Standort „Harstallsteich“	42
5.2.1	Fruchtfolgeglied 1 - Winterraps	46
5.2.2	Fruchtfolgeglied 2 - Winterweizen	46
5.2.3	Fruchtfolgeglied 3 - Ackerbohnen	47
5.2.4	Fruchtfolgeglied 4 - Winterweizen	47
5.2.5	Fruchtfolgeglied 5 - -Winterdinkel	48
5.3	Kontrolle der Maßnahmen	48
5.4	Feld- und Feldrandhygiene	49
6	Zusammenfassung	51
7	Literaturverzeichnis	53

Abkürzungsverzeichnis

ACCCase	Acetyl-CoA-Carboxylase
AF	Ackerfuchsschwanz
AHDB	Agriculture and Horticulture Development Board
ALOMY	Alopecurus myosuroides
ALS	Acetolactat-Synthase
CR	Crop Rotation
cm	Zentimeter
DEN	Phenylpyrazoline
DIM	Cyclohexanedione
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
dt/ha	Dezitonne pro Hektar
DWD	Deutscher Wetterdienst
EC	emulgierbares Konzentrat
FOP	Aryloxyphenoxypropionate
g/kg	Gramm pro Kilogramm
g/l	Gramm pro Liter
GAP	Gemeinsame Agrarpolitik
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
HRAC	Herbicide Resistance Action Committee
Hrsg.	Herausgeber
HS	Herbizidstrategie

LLH	Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen
m	Meter
m ²	Quadratmeter
o. J.	ohne Jahr
PS-Hemmer	Photosynthese-Hemmer
S.	Seite
TLLLR	Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum
TLUBN	Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz
U. a.	und andere
vgl.	vergleiche
z.B.	zum Beispiel
zit. n	zitiert nach
°C	Grad Celsius
%	Prozent

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ertragsverluste durch Ackerfuchsschwanz in Winterweizen in England...	2
Abbildung 2: Ackerfuchsschwanz (Samen, Jungpflanze, Blatthäutchen, Blüte).....	4
Abbildung 3: Auflaufverhalten von Ackerfuchsschwanz	5
Abbildung 4: Ausbreitung von Resistenzen bei Gräsern bei anhaltendem Selektionsdruck.....	9
Abbildung 5: Änderung der Herbizidwirkung bei Resistenz.....	10
Abbildung 6: Einfluss der Samentiefe auf Keimfähigkeit der Ackerfuchsschwanzsamen	13
Abbildung 7: Einfluss von Striegel und Kurzscheibenegge auf Besatz mit Ackerfuchsschwanz.....	16
Abbildung 8: Einfluss des Saattermins auf Besatz mit Ackerfuchsschwanz.....	18
Abbildung 9: Einfluss des Saattermins auf Besatz mit Ackerfuchsschwanz in Schleswig-Holstein	19
Abbildung 10: Einfluss von Sommerungen auf Besatz mit Ackerfuchsschwanzähren..	20
Abbildung 11: Einfluss von Sommerungen in der Fruchtfolge auf Besatz mit Ackerfuchsschwanzähren.....	21
Abbildung 12: Auswirkung des Lamport-Systems auf Besatz mit Ackerfuchsschwanz	23
Abbildung 13: Einfluss der Kultur Winterraps auf Besatz mit Ackerfuchsschwanz.....	24
Abbildung 14: Einfluss des Herbizidmanagements auf Besatz mit Ackerfuchsschwanz	26
Abbildung 15: Einfluss des Saattermins auf Besatz mit Ackerfuchsschwanz.....	28
Abbildung 16: Schlag "Gehäußgraben groß" mit starkem Ackerfuchsschwanzbesatz ..	34
Abbildung 17: Ergebnis der Resistenzuntersuchung für den Schlag "Gehäußgraben groß"	36

Abbildung 18: Einfluss der Kultur auf den Besatz mit Ackerfuchsschwanz in der Samenbank des Bodens.....	38
Abbildung 19: Ergebnis der Resistenzuntersuchung für den Schlag "Harstallsteich"	44
Abbildung 20: Einfluss schlechter Feldrandhygiene auf Besatz mit Ackerfuchsschwanz	50

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Erträge auf Schlag "Gehäußgraben groß" in den Jahren 2016 – 2021.....	34
Tabelle 2: Fruchtfolge für den Schlag "Gehäußgraben groß"	38
Tabelle 3: Erträge auf dem Schlag "Gehäußgraben groß" in den Jahren 2016 -2021	43
Tabelle 4: Fruchtfolge "Harstallsteich"	45

1 Einleitung

Der Anbau von landwirtschaftlichen Nutzpflanzen ist die Grundlage für die menschliche Ernährung. Bedeutende und rasche Fortschritte bei der Ertrags- und Qualitätsbildung wurden insbesondere seit der Mitte des 20. Jahrhunderts erzielt. Durch eine standortangepasste Fruchtfolge wird dem Befall der Pflanzen mit Krankheiten und Schädlingen auf biologischem Weg vorgebeugt. Mit speziell entwickelten Maschinen und Geräten wird der Boden entsprechend den vorhandenen Verhältnissen differenziert bearbeitet. Pflanzennährstoffe werden über organische und mineralische Düngung bedarfsgerecht bereitgestellt. Hochwirksame Pflanzenschutzmittel stehen zur Verfügung, um die Gesundheit der Nutzpflanzen zu schützen und damit ein ungestörtes Wachstum und die Ausschöpfung des genetisch festgelegten Produktionspotenzials zu ermöglichen. Die Konkurrenz durch unerwünschte Pflanzen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen wird durch mechanische Bekämpfung oder durch den Einsatz spezifischer herbizider Wirkstoffe begrenzt (Diepenbrock, W. u. a. (2012), S. 9).

Unter den biotischen Schaderregern ist die Schadwirkung durch unerwünschte Pflanzen am größten. Sie konkurrieren mit den Kulturpflanzen um die nur begrenzt verfügbaren Wachstumsfaktoren wie Raum, Licht, Wasser und Nährstoffe. Bis Mitte der 1950er Jahre wurden die unerwünschten Pflanzen mechanisch mit unterschiedlichen Erfolgen bekämpft. Mit der Einführung von Herbiziden konnten unerwünschte Pflanzen nun zu einem vergleichsweise geringen Preis mit einer hohen Zuverlässigkeit sehr einfach bekämpft werden.

Bereits in den 1960er Jahren wurden Minderwirkungen von Herbiziden gemeldet, die jedoch wenig Beachtung fanden. Durch die weiterhin großflächige Anwendung von Herbiziden wurden sensitive Arten zurückgedrängt und mehr oder weniger resistente Arten selektiert. Diese Entwicklung wurde durch die Vereinfachung von Fruchtfolgen sowie die Konzentration auf wenige gewinnbringende Kulturen und die damit verbundene häufige und abwechslungslose Anwendung von Herbiziden mit gleichen Wirkmechanismen weiter begünstigt (DLG-Ausschuss für Pflanzenschutz u. a. (2018), S. 5). Zudem sind die resistenten Arten in einem hohen Maße an die jeweiligen Anbauzyklen, die Bestandsformen der Kulturarten und die Bodenverhältnisse angepasst (Hallmann, J. u. a. (2009), S. 167-170). Ein sehr verbreitetes Beispiel dafür ist der Ackerfuchschwanz. Es handelt sich hierbei um das wichtigste Ungras mit Resistenzbildung in

Deutschland. Besonders beunruhigend ist dabei die steigende Anzahl an Populationen von Ackerfuchsschwanz mit multipler Resistenz, bei der mehrere Wirkmechanismen gleichzeitig betroffen sind (DLG-Ausschuss für Pflanzenschutz u. a. (2018), S. 10).

Ackerfuchsschwanz ist hervorragend an die typischen konventionellen Anbaubedingungen in Deutschland angepasst. Dazu gehören insbesondere pfluglose Bodenbearbeitung, frühe Termine bei der Aussaat bis Ende September und Fruchtfolgen, die ausschließlich Winterungen enthalten. Ackerfuchsschwanz ist ein sehr konkurrenzstarkes Ungras, welches 80 bis 2.000 Samen pro Pflanzen bildet (Hallmann, J. u. a. (2009), S. 171). Wie aus der untenstehenden Abbildung 1 ersichtlich ist, führt bereits ein Besatz von 25 Pflanzen pro Quadratmeter zu einem Ertragsverlust von 10 %. Bei einem Besatz von 500 Pflanzen pro Quadratmeter werden bis zu 50 % weniger geerntet (Moss, S. (2013)). Da Ackerfuchsschwanz gegen viele Herbizide bereits eine Resistenz entwickelt hat und neue Wirkstoffe mittelfristig nicht zur Verfügung stehen werden, ist es notwendig, alternative nicht-chemische Strategien für die Bekämpfung anzuwenden.

Black -grass plants/m ²	% crop yield losses	Range of % crop yield losses
12	5	<5 - 15
25	10	<5 - 25
50	15	<5 - 35
100	20	5 - 50
250	35	10 - 65
500	50	20 - 70

Abbildung 1: Ertragsverluste durch Ackerfuchsschwanz in Winterweizen in England

Quelle: Moss, S. (2013)

In dieser Arbeit soll ein Sanierungskonzept für einen Betrieb mit resistentem Ackerfuchsschwanz entwickelt werden. Der grundsätzliche Ansatz beruht dabei auf der integrierten Unkrautkontrolle mit dem Ziel, die Zahl der keimfähigen Ackerfuchsschwanzsamen in der Samenbank des Bodens langfristig zu reduzieren, um erfolgreich Ackerbau auf den betroffenen Flächen betreiben zu können.

Zu Beginn wird die spezifische Biologie des Ungrases Ackerfuchsschwanz beschrieben, um die entsprechend richtigen Handlungsoptionen für eine effektive Bekämpfung auswählen zu können. Nachfolgend werden die in der Literatur beschriebenen Ergebnisse von Versuchen zu verschiedenen Bekämpfungsstrategien dargestellt. Dazu gehören die

Bodenbearbeitung, Spätsaaten, der Einbau von Sommerungen in die Fruchtfolge sowie ein optimierter Herbizideinsatz. Im Anschluss werden am Beispiel von zwei Schlägen Strategien aufgezeigt, wie bei Vorhandensein von resistentem Ackerfuchsschwanz weiterhin erfolgreich Ackerbau möglich ist.

2 Grundlagen

2.1 Biologie des Ackerfuchsschwanzes

Der Ackerfuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides*, (ALOMY)) gehört zur Familie der Süßgräser. Er bevorzugt mittlere bis schwere Lehm- und Tonböden mit einem ausreichenden Kalkgehalt und ist besonders an Winterungen angepasst.

In der Abbildung 2 ist das Erscheinungsbild des Ackerfuchsschwanzes dargestellt. Das erste Blatt ist fein und korkenzieherartig gewunden. Grundsätzlich sind die Blätter schmal, scharfrandig, kahl und gerieft. Sie haben keine Blattohrchen. Ein typisches Merkmal für den Ackerfuchsschwanz ist das unregelmäßig grob zerschlitzte Blatthäutchen. Die aufrechten Halme können bis zu 60 cm hoch werden.



Abbildung 2: Ackerfuchsschwanz (Samen, Jungpflanze, Blatthäutchen, Blüte)

Quelle: AHDB (2022)

Ackerfuchsschwanz kann sich sehr stark bestocken. In Abhängigkeit von der Konkurrenz bildet Ackerfuchsschwanz 2 bis 20 Ähren pro Pflanze mit bis zu 100 Samen pro Ähre. Diese fallen von Juni bis Ende August aus mit Schwerpunkt im Juli. Zur Ernte von Wintergetreide oder Winterraps sind bereits 70 % bis 90 % der Samen ausgefallen (Moss, S. (2013)). Frisch ausgefallene Samen müssen nachreifen und fallen in eine primäre Keimruhe, die bis zu 8 Wochen dauern kann (Voßhenrich, H.-H. u. a. (2018), S. 5, zit. n. Cook u. a. (2006)). Ist es im Sommer warm und trocken, kann dies die primäre Keimruhe verkürzen. Gelangen die Samen des Ackerfuchsschwanzes tiefer als 5 cm in den Boden, fallen sie in eine sekundäre Keimruhe. Sie können dort bis zu 5 Jahre (AHDB (2022)), nach anderen Berichten sogar bis zu 11 Jahre keimfähig sein (Voßhenrich, H.-H. u. a. (2018), S. 6, zit. n. Thurston (1972)). Erhält der Ackerfuchsschwanz durch die Bodenbearbeitung einen Lichtreiz, keimt er aus der sekundären Keimruhe.

Durch mehrmalige Bodenbearbeitung können so immer wieder Auflaufwellen hervorgerufen werden (Voßhenrich, H.-H. u. a. (2018), S. 6, zit. n. Henne, u. a. (2010)).

Das Auflaufverhalten ist in der Abbildung 3 dargestellt. Etwa 80 % der Ackerfuchsschwanzsamen keimen zwischen August und Oktober. Eine kleinere Menge keimt regelmäßig im Frühjahr, hauptsächlich im März und April.

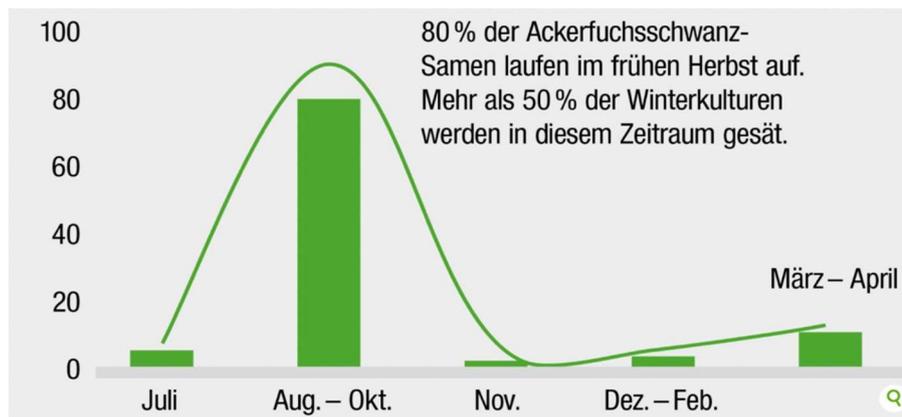


Abbildung 3: Auflaufverhalten von Ackerfuchsschwanz

Quelle: Schönhammer, A., u. a. (o. J.), zit. n. Cook, S. (2016)

2.2 Herbizide

Herbizide sind synthetisch hergestellte organische Verbindungen, mit denen Pflanzen abgetötet werden können. Sie greifen in den Stoffwechsel von Pflanzen ein und blockieren Funktionen, die für das Überleben der Zielpflanze wichtig sind. Eine wichtige Voraussetzung für den Einsatz von Herbiziden in Nutzpflanzen ist die selektive Wirkung, die in morphologisch-anatomischen Unterschieden zwischen Unkräutern und Kulturpflanzen begründet ist. Die Wirkstoffmoleküle sind so spezifisch gestaltet, dass sie nur zu der Struktur in der Zielpflanze passen. Kulturpflanzen sind in der Lage, die aufgenommenen Herbizide zu metabolisieren und dadurch zu inaktivieren. Eine selektive Wirkung kann auch durch die Anwendung von Zusatzstoffen, sogenannten Safenern, erreicht werden. Diese schützen die Kulturpflanze vor einer Schädigung durch das Herbizid, indem sie bestimmte Schlüsselenzyme in der Nutzpflanze aktivieren (Diepenbrock, W. u. a. (2012), S. 117; Bayer CropScience (o. J. a)).

Herbizide können nach verschiedenen Aspekten in unterschiedliche Gruppen eingeteilt werden: nach der Art der Aufnahme in die Pflanze in Boden- oder Blattherbizide, nach

dem Zeitpunkt der Anwendung in Vorauf- oder Nachaufherbizide, nach Wirkstoffgruppen und dem Wirkort in der Pflanze (Diepenbrock, W. u. a. (2012), S. 116).

Bei der Einteilung der Herbizide in Gruppen nach dem Wirkort wird unter anderem das vom Herbicide Resistance Action Committee (HRAC) entwickelte System angewendet. Das HRAC ist eine internationale Organisation, die Maßnahmen gegen Herbizidresistenzen entwickelt. Im Folgenden werden, die für die Bekämpfung des Ackerfuchschwanzes wichtigen Gruppen beschrieben.

2.2.1 HRAC 1 - Acetyl-CoA-Carboxylase-Hemmer (ACCCase-Hemmer)

Herbizide Gruppe HRAC 1 stören die Fettsäuresynthese, indem sie das Enzym Acetyl-CoA-Carboxylase (ACCCase) hemmen, wodurch der Aufbau von Zellmembran verhindert wird. Es handelt sich ausschließlich um blattaktive Herbizide.

Die ACCCase-Hemmer sind in die Untergruppen der Aryloxyphenoxypropionate (FOP), Cyclohexanedione (DIM) und Phenylpyrazoline (DEN) eingeteilt. FOPs werden in zahlreichen dikotylen Kulturen und im Getreide verwendet. Der Einsatz im Getreide ist jedoch nur möglich, wenn ein Safener zum Einsatz kommt, um phytotoxische Schäden an der Kultur zu vermeiden (Hallmann, J. u. a. (2009), S. 341). DIMs werden ausschließlich in dikotylen Kulturen eingesetzt, da keine Safener zur Verfügung stehen. DENs werden, wie FOPs, in dikotylen Kulturen und im Getreide verwendet.

Bei der Bekämpfung von Ackerfuchschwanz sind die Wirkstoffe Clodinafop und Pinoxaden im Getreide sowie Clethodim und Quizalofop-P im Raps von großer Bedeutung. Zu beachten ist, dass die ACCCase Hemmer zu den besonders resistenzgefährdeten Wirkstoffgruppen gehören.

2.2.2 HRAC 2 - Acetolactat-Synthase-Hemmer (ALS-Hemmer)

Herbizide der Gruppe HRAC 2 greifen in die Aminosäuresynthese der Pflanzen ein und bewirken eine Hemmung der Zellteilung. Der Wirkort ist die Acetolactat-Synthase (ALS), ein wichtiges Enzym bei der Synthese von Aminosäuren. Die Pflanzen nehmen die Wirkstoffe über die Blätter oder die Wurzeln auf. Der Anteil von Blatt- und Wurzel-aufnahme ist vom Wirkstoff abhängig (Hallmann, J. u. a. (2009), S. 339-340).

Bedeutende Untergruppen der ALS-Hemmer sind die Sulfonylharnstoffe, Triazolinone und die Triazolpyrimidine. Die Selektivität von Sulfonylharnstoffen beruht auf ihrer

schnellen Metabolisierung durch unempfindliche Pflanzen. Bei einigen Wirkstoffen wird die Selektivität durch die Zugabe eines Safeners erhöht, wodurch ein Einsatz in einzelnen Getreidearten oder Mais möglich ist.

Bei der Bekämpfung von Ackerfuchsschwanz sind wichtige Wirkstoffe aus der Gruppe der Sulfonylharnstoffe die Wirkstoffe Iodosulfuron und Mesosulfuron, aus der Gruppe der Triazolinone der Wirkstoff Propoxycarbazon und aus der Gruppe Triazolpyrimidine der Wirkstoff Pyroxulam. Die Wirkstoffe der Gruppe der ALS-Hemmer sind aufgrund des hochspezifischen Wirkmechanismus und der Frequenz entsprechender Punktmutationen des Zielsystems resistenzgefährdet.

2.2.3 HRAC 3 - Mikrotubuli-Hemmer

Herbizide der Gruppe HRAC 3 verhindern die Bildung der Mikrotubuli, einem aus Eiweiß bestehendem röhrenähnlichem Transportsystem. Mikrotubuli sind bedeutend für die Bildung des Cytoskeletts der Zelle und beteiligt bei der richtigen Anordnung der Chromosomen (Studyflix (2022)). Untergruppen der Gruppe HRAC 3 sind die Benzamide und die Dinitroaniline.

Ein wichtiger Wirkstoff bei der Bekämpfung von Ackerfuchsschwanz in der Untergruppe der Benzamide ist Propyzamid, der eine Zulassung im Winterraps hat. Die Aufnahme des Wirkstoffes erfolgt ausschließlich über die Wurzel. Die Wirkung des Herbizides ist erst im kommenden Frühjahr erkennbar, wenn der Ackerfuchsschwanz im unteren Halmbereich verdickt ist und sich leicht aus der Erde herausziehen lässt. Der Wirkstoff Propyzamid stellt einen wichtigen Beitrag im Resistenzmanagement gegen Ackerfuchsschwanz dar, da bisher noch keine Resistenzen bekannt sind (AgrarOnline GmbH (2018), top agrar online (2021)).

Der Wirkstoff Pendimethalin gehört zur Untergruppe der Dinitroaniline und wird im Getreide zur Bekämpfung von Ackerfuchsschwanz eingesetzt. Er wird über die Wurzel und die Koleoptile aufgenommen und hemmt Prozesse der Zellteilung und Zellstreckung (Bayer CropScience, (o. J. b)). Gegen den Wirkstoff sind Resistenzen bisher nur in Einzelfällen bekannt (Gehring, K. u. a. (2012), S 95).

2.2.4 HRAC 5 - Photosystem II-Hemmer (PS-Hemmer)

Herbizide der Gruppe HRAC 5 blockieren den Elektronentransport vom Photosystem II zum Photosystem I und unterbinden die lebenswichtige Energiegewinnung. Die Pflanzen stellen als Folge alle Wachstums- und Lebensvorgänge ein (Hallmann, J. u. a. (2009), S. 334). Für die Ackerfuchsschwanzbekämpfung wichtige Untergruppen sind die Harnstoffderivate und Triazinone.

Der Wirkstoff Chlortoluron gehört zur Untergruppe der Harnstoffderivate und hat eine Zulassung im Getreide. Er wird über die Wurzeln und über die Blätter aufgenommen (Hallmann, J. u. a. (2009), S. 336). Bei Untersuchungen wurden Resistenzen festgestellt.

In die Untergruppe der Triazinone gehört der Wirkstoff Metribuzin. Der Wirkstoff ist in Kartoffeln und im Getreide zugelassen. Er wird über die Wurzel und die Blätter aufgenommen. Die Selektivität beruht auf einer schnelleren Metabolisierung in den Kulturpflanzen als in den Unkräutern (Hallmann, J. u. a. (2009), S. 337).

2.2.5 HRAC 15 - Fettsäure-Synthase-Hemmer (VLCFA-Hemmer)

Die Herbizide der Gruppe HRAC 15 werden als Inhibitoren der Synthese sehr langkettiger Fettsäuren beschrieben, ohne dass der genaue Wirkort bekannt ist. Wichtige Untergruppen sind α -Oxyacetamides mit dem Wirkstoff Flufenacet und Thiocarbamates mit dem Wirkstoff Prosulfocarb (Trenkamp, S. (2003), S. 3, HRAC (2020)).

Insbesondere der Wirkstoff Flufenacet ist ein Kernbaustein bei der Bekämpfung von Ackerfuchsschwanz im Getreide. Er wird über die Wurzel und das Hypokotyl von der Pflanze aufgenommen und hemmt die Zellteilung und das Wachstum des jungen Pflanzengewebes (CERTIS EUROPE B.V. (2021)). Auch der Wirkstoff Prosulfocarb wird über das Hypokotyl aufgenommen (Syngenta Agro GmbH (2022)). Die Wirkstoffe der Gruppe HRAC 15 sind wenig resistenzgefährdet.

2.2.6 HRAC 32 - Protoporphyrinogen-Oxidase-Hemmer

Der einzige Wirkstoff aus der HRAC-Gruppe 32 ist Aclonifen. Er hemmt die Solanesyl-Diphosphate-Synthase, die zur Bildung von Chlorophyll notwendig ist. Der Wirkstoff wird über die Wurzeln aufgenommen und bewirkt ein Aufhellen der Blätter, die Blätter wirken gebleicht.

Der Wirkstoff Aclonifen verbessert die Wirkung von Flufenacet um 6 % bis 10 % (Winkler, J., u. a. (2021)).

2.3 Herbizidresistenzen

Eine Resistenz ist die grundsätzliche Fähigkeit eines Organismus sich gegen den potentiellen Angriff eines Schaderregers bis zu einem bestimmten Grad zu wehren oder zu widerstehen (Hallmann, J. u. a. (2009), S. 289). Die Entwicklung von Resistenzen ist ein Teil des Evolutionsprozesses und die Fähigkeit, sich an die Umweltbedingungen anzupassen. Die Anwendung eines Herbizides stellt eine Umweltbedingung für die zu schädigenden Zielpflanzen dar. In jeder natürlichen Population können einzelne Pflanzen vorkommen, die sich auch unter dem Einfluss des Herbizides weiter entwickeln können. Sie sind resistent. Werden Herbizide mit dem gleichen Wirkmechanismus wiederholt eingesetzt, entsteht gegenüber nicht-resistenten Pflanzen ein Selektionsdruck. Die empfindlichen Pflanzen sterben ab und die resistenten Pflanzen können sich ungehindert vermehren und ihre Merkmale weitergeben. Wird der Selektionsprozess nicht unterbrochen, werden die resistenten Einzelpflanzen in der Population vorherrschend. Dieser Prozess ist in der Abbildung 4 dargestellt. (DLG-Ausschuss für Pflanzenschutz (2018) S 8, Bayer CropScience, (o. J. a)).

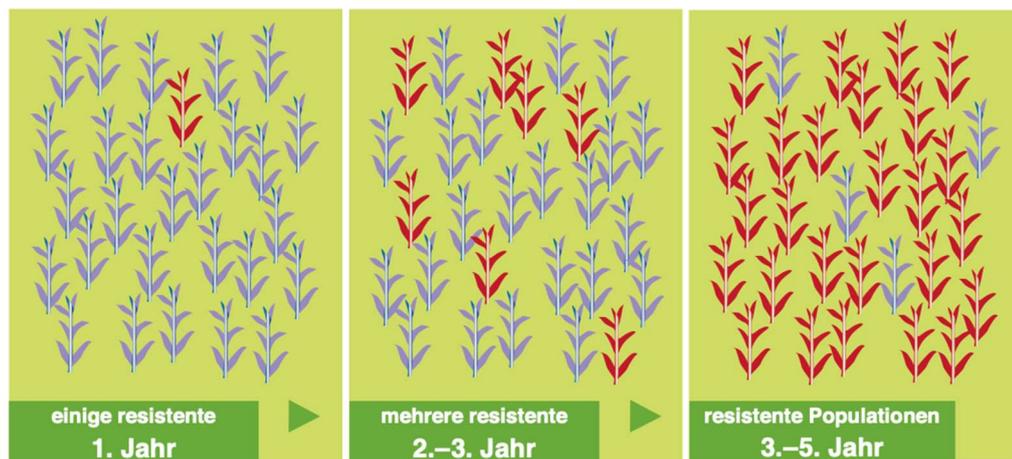


Abbildung 4: Ausbreitung von Resistenzen bei Gräsern bei anhaltendem Selektionsdruck

Quelle: DLG-Ausschuss für Pflanzenschutz (2018) S 7; zit. n. DLG-Mitteilungen (2002)

2.4 Unterscheidung verschiedener Resistenztypen

Bei der Entwicklung von Resistenzen können verschiedene Arten unterschieden werden.

2.4.1 Wirkortspezifische Resistenz

Bei einer wirkortspezifischen Resistenz hat sich die molekulare Bindungsstelle in der Zielpflanze durch eine Mutation geändert. Der Wirkstoff kann sich nicht mehr an seinem vorgesehenen Wirkort in der Pflanze binden. Die schädigende Wirkung des Herbizids bleibt aus und die Pflanze überlebt. In der Abbildung 5 ist die genetische Änderung und die Wirkung dargestellt (DLG-Ausschuss für Pflanzenschutz (2018) S 7-8).

2.4.2 Metabolische Resistenz

Bei einer metabolischen Resistenz verhindern verschiedene biologische Prozesse, dass das Herbizid den Wirkort in einer ausreichenden Konzentration erreicht. Die resistente Zielpflanze kann den aufgenommenen Wirkstoff schnell zu nicht schädlichen Metaboliten abbauen, die Aufnahme des Wirkstoffes vermindern, den Transport des Wirkstoffes in der Pflanze reduzieren oder das Zielenzym überproduzieren. Die Entgiftung des Herbizides ist in der Abbildung 5 schematisch dargestellt (DLG-Ausschuss für Pflanzenschutz (2018) S 7-8).

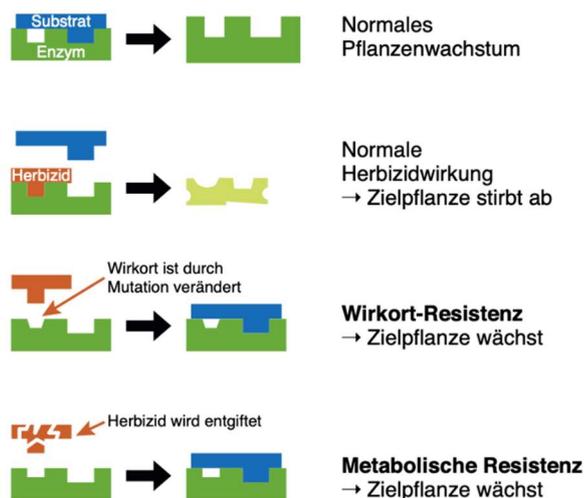


Abbildung 5: Änderung der Herbizidwirkung bei Resistenz

Quelle: DLG-Ausschuss für Pflanzenschutz (2018) S 7; zit. n. Gehring, K., (2017)

3 Material und Methoden

In dieser Arbeit wird für den Betrieb Landwirtschafts GmbH Ifta in Creuzburg ein Sanierungskonzept entwickelt, mit dem Ziel resistenten Ackerfuchsschwanz zu bekämpfen.

Die Landwirtschafts GmbH Ifta in Creuzburg ist ein Marktfruchtbetrieb, der auf etwa 1.500 ha in überwiegend pflugloser Bewirtschaftungsweise Wintergetreide und Winterrapr anbaut. Der mittlere Jahresniederschlag lag in den Jahren von 1961 bis 1990 bei 640 mm (Deutscher Wetterdienst (2021)). Die Auswertung eigener Messungen für die Jahre 2015 bis 2021 ergab einen mittleren Niederschlag von 640 mm mit Schwankungen von 512 mm im Jahr 2015 bis 790 mm im Jahr 2017.

Die Landwirtschafts GmbH Ifta in Creuzburg befindet sich in der Randlage des Thüringer Beckens etwa 10 km nördlich von Eisenach, im Wartburgkreis. Creuzburg liegt geologisch gesehen im Bereich eines Grabenbruchs, in dem die drei Formationen der Trias (Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper) zu finden sind (vgl. Wikipedia (2022), zit. n. Geyer, u. a., (1999), S3. 3 -34, S. 42-48). Als Bodentypen findet man überwiegend Pararendzinen und Rendzinen aus Kalk- und Tonmergelgestein sowie Braunerden aus Schluff- und Sandsteinen. Durch das Bewirtschaftungsgebiet des Betriebes fließen die Flüsse Werra und Ifta. In diesen Flussauen findet man den Bodentyp Vega (TLUBN (o. J.)).

In den vergangenen Jahren traten auf einzelnen Schlägen des Betriebes vermehrt Probleme mit Ackerfuchsschwanz auf, so dass ein Unternehmen beauftragt wurde, Resistenzuntersuchungen durchzuführen. Die Ergebnisse zeigen auf allen untersuchten Feldern eine vollständige Resistenz von Ackerfuchsschwanz gegen alle Wirkstoffe der ALS-Hemmer und eine beginnende Resistenz gegen die Wirkstoffe der ACCase-Hemmer.

4 Stand des Wissens

An vielen Standorten haben die letzten Jahre gezeigt, dass man mit einer ausschließlich chemischen Bekämpfung von Ackerfuchsschwanz an Grenzen stößt. Die Wirkungsgrade der Herbizide reichen nicht mehr aus, um die Ausbreitung und Vermehrung zu verhindern. In der Fachliteratur wird betont, dass eine erfolgreiche Bekämpfungsstrategie, die Kenntnis über die Biologie und die Charakteristika der zu bekämpfenden Spezies voraussetzt. (Zeller, A. (2019a), Landschreiber, M. (2020), Moss, S. (2017)).

Handlungsoptionen sind dabei die Bodenbearbeitung, Spätsaaten und der Einbau von Sommerungen in die Fruchtfolge, konkurrenzstarke Kulturen sowie ein optimierter Herbizideinsatz.

4.1 Bodenbearbeitung

Ein wesentliches Ziel der Bodenbearbeitung ist, neben der Herstellung eines optimalen Bodenstrukturzustandes, die Unkrautkontrolle. So werden mit dem Stoppelumbruch die Samen unerwünschter Pflanzen in Keimlage gebracht, die dann bei ausreichender Bodenfeuchte auflaufen können. Mit der nachfolgenden Umbruchbearbeitung werden diese Pflanzen ausgerissen, verschüttet oder in den Boden eingearbeitet. Sie sind dann keine Konkurrenten mehr für die Nutzpflanzen (Diepenbrock, W. u. a. (2012), S. 111).

Um möglichst viele frisch ausgefallene Ackerfuchsschwanzsamen nach der Ernte zum Keimen zu bringen, ist bei der Stoppelbearbeitung die primäre und sekundäre Keimruhe zu beachten. Nach Landschreiber fallen die Samen des Ackerfuchsschwanzes durch jegliche Bodenbedeckung in die sekundäre Keimruhe (Landschreiber, M. (2020)). Die Ackerfuchsschwanzsamen können nicht mehr im aktuellen Jahr auflaufen und füllen den Samenvorrat im Boden auf. Als ein Ergebnis langjähriger Versuche in Schleswig-Holstein wird empfohlen, die Stoppel nach der Ernte für 2 bis 3 Wochen liegen zu lassen, so dass obenauf liegende Samen durch Prädatoren wie Insekten und Vögel vernichtet werden können (Voßhenrich, H.-H. u. a. (2018), S. 112). Jensen konnte in seinen Untersuchungen zeigen, dass die Keimfähigkeit von frisch ausgefallenem Ackerfuchsschwanzsamen sehr begrenzt ist, wenn die Samen bis Ende September offen auf der Erdoberfläche liegen bleiben oder der Boden nur mit einem Striegel bearbeitet wird

(vgl. Abbildung 6). Werden die Samen jedoch eingearbeitet, erhöht sich die Keimfähigkeit deutlich (Jensen, P. K. (2018)).

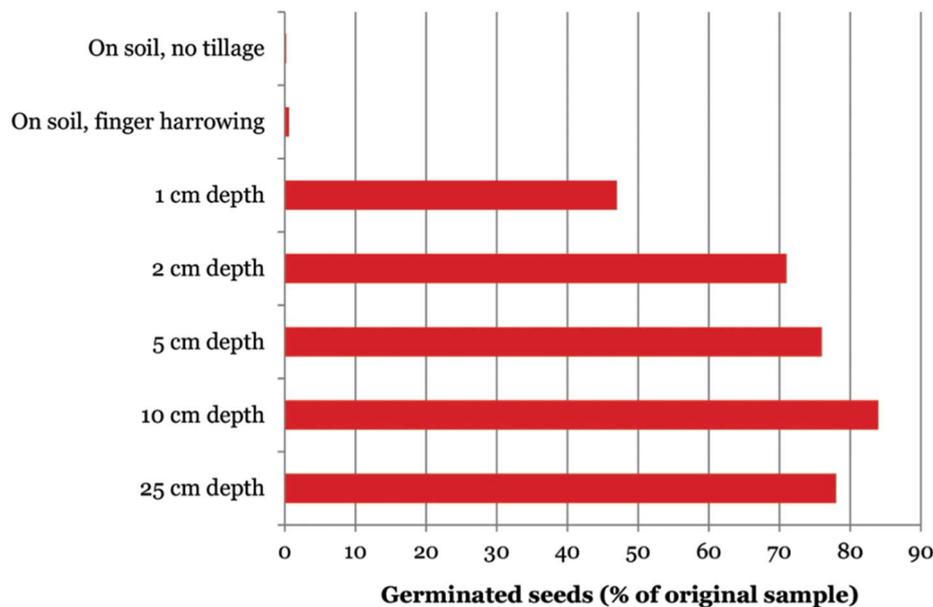


Abbildung 6: Einfluss der Samentiefe auf Keimfähigkeit der Ackerfuchsschwanzsamens

Quelle: Jensen, P. K. (2018)

Die nach dem Stoppelumbruch folgende Grundbodenbearbeitung hat einen weiteren wesentlichen Einfluss auf das Unkrautmanagement. Nachfolgend werden Bodenbearbeitungsgeräte und ihre Wirkung auf den Besatz der Ackerflächen mit Ackerfuchsschwanz beschrieben.

4.1.1 Pflug

Bei der Verwendung eines Pfluges wird mit dem Wenden des Bodens der vorhandene Bewuchs in den Boden eingebracht. Vorhandene noch nicht aufgelaufene Unkrautsamen werden in tiefere Bodenschichten verlagert, von wo sie in der Regel nicht auflaufen können. Die Nutzpflanzen erhalten dadurch gegenüber den Unkräutern einen Konkurrenzvorteil (Diepenbrock, W. u. a. (2012), S. 67 - 69).

In der Literatur wird das Pflügen nur uneindeutig als ein erfolgreiches Mittel gegen den Ackerfuchsschwanz diskutiert: Auswertungen in England ergaben zwar, dass durch das Pflügen der Besatz mit Ackerfuchsschwanz im Mittel um 69 % reduziert werden konnte. Allerdings liegt die Spannweite der Reduzierung der Ackerfuchsschwanzsamen zwischen einer Reduktion um 96 % und einer Zunahme um 82 %. Diese Unterschiede kön-

nen auf die vielen Faktoren, die das Wachstum der Ackerfuchsschwanzpopulation beeinflussen, zurückgeführt werden. Dazu gehören beispielsweise die Verteilung der Samen im Boden, die Bodenstruktur, die Bodenfeuchtigkeit oder das Wetter vor und nach der Bodenbearbeitung (Lutman, P. u. a. (2013)). Bei den Versuchen von Zeller konnte die Anzahl der Ackerfuchsschwanzzähren auf einer Fläche, die zuvor 5 Jahre pfluglos bewirtschaftet wurde um 40 % reduziert werden (Zeller, A. (2019b) S. 70 - 73). Zeller und Moss empfehlen auf ein jährliches Pflügen zu verzichten, da der Ackerfuchsschwanzsamen über mehrere Jahre keimfähig ist und vergrabener noch lebensfähiger Samen bei jährlichem Pflügen wieder in Keimlage gebracht wird. Hingegen konnte bei Versuchen in Schleswig-Holstein der Ackerfuchsschwanz beim Anbau von Winterweizen durch jährliches Pflügen am besten kontrolliert werden. Die beiden Pflugvarianten „früh“ und „spät“ waren den Mulchvarianten überlegen. Bei der Variante des frühen Pflugeinsatzes wurde kurz nach der Ernte und Strohverteilung gepflügt, gekreiselt und das Scheinsaatbett vorbereitet. Der hochgepflügte Ackerfuchsschwanzsamen konnte aus der sekundären Keimruhe auflaufen und wurde vor der Aussaat durch den Einsatz von Glyphosat beseitigt. Bei der späten Pflugvariante in Schleswig-Holstein erfolgte kurz nach der Ernte die Strohverteilung und anschließend eine mehrmalige Stoppelbearbeitung. Das Saatbett wurde unmittelbar vor der Aussaat gepflügt und gekreiselt, die Saat anschließend eingeschlitzt. Diese späte Variante zur Bekämpfung funktioniert sehr gut, wenn der Ackerfuchsschwanz keine zu lange primäre Keimruhe hat und frisch ausgefallener Ackerfuchsschwanz vor dem Pflügen auflaufen kann. Ist die primäre Keimruhe länger, wird der frisch ausgefallene und keimfähige Ackerfuchsschwanz mit dem Pflug vergraben. Tendenziell war bei den Versuchen in Schleswig-Holstein die frühe Pflugvariante der Variante des späten Pflugeinsatzes überlegen (Voßhenrich, H.-H. u. a. (2018), S. 28).

Für den Wirkstoff Glyphosat gilt voraussichtlich ab dem 01.01.2024 ein Anwendungsverbot, so dass ein Einsatz beim Scheinsaatbett, wie er bei der frühen Pflugvariante beschrieben wurde, nicht mehr möglich ist. Jedoch findet das Verfahren des Scheinsaatbetts auch im ökologischen Landbau Anwendung: Die Saatbettbereitung erfolgt etwa drei Wochen vor der Aussaat. Die folgenden Auflaufwellen von Ungräsern und Unkräutern können bis zur eigentlichen Aussaat mit einem Striegel oder anderen flach arbeitenden Bodenbearbeitungsgeräten reguliert werden (Mücke, M. (2020)).

4.1.2 Grubber

Bei konservierender nicht wendender Bodenbearbeitung werden die Unkrautsamen durch eine flache lockernde Bearbeitung wenige Zentimeter tief in den Boden eingebracht und können von dort vermehrt auflaufen (Diepenbrock, W. u. a. (2012), S. 79).

Diese Art der Bodenbearbeitung wird von Moss als eine wesentliche Ursache für die Probleme mit Ackerfuchsschwanz angesehen (Moss, S. (2017)). Versuchsergebnisse aus Deutschland bestätigen diese Aussage. Untersuchungen in Baden-Württemberg und Bayern haben ergeben, dass die reduzierte Bodenbearbeitung allein mit dem Grubber jeweils in allen Versuchsvarianten immer die höchste Dichte an Ackerfuchsschwanz hatte (Zeller, A. (2019b) S. 79), (Gehring, K. u. a. (2016)). Die Auswertung von Bodenbearbeitungsvarianten in Schleswig-Holstein zeigte ebenfalls, dass der alleinige Einsatz des Grubbers den Besatz mit Ackerfuchsschwanz stark förderte (Voßhenrich, H.-H. u. a. (2018), S. 27).

4.1.3 Strohstriegel

Mit Strohstriegeln wird besonders flach gearbeitet. Ziel ist es, den Boden anzureißen, Ausfallgetreide und Unkrautsamen aus dem Stroh zu schütteln und auf dem Boden abzulegen, um sie zuverlässig zum Keimen zu bringen (Höner, G. (2016)). Bei nachfolgenden Bearbeitungsschritten mit dem Striegel wird aufgelaufenes Unkraut wieder aus dem Boden herausgerissen.

Bei Versuchen in Schleswig-Holstein hat sich gezeigt, dass durch den mehrmaligen Einsatz eines Striegels viel mehr Ackerfuchsschwanz auflaufen konnte als durch den Einsatz einer Kurzscheibenegge (vgl. Abbildung 7). Durch den Striegel konnten bessere Keimbedingungen geschaffen werden, da das Stroh locker verteilt wurde, es ausreichend feucht war und genügend Licht hindurch kam. Die Kurzscheibenegge hingegen arbeitet etwas tiefer als der Striegel und hat mehr Ackerfuchsschwanzsamen vergraben, der so in die sekundäre Keimruhe gefallen ist und nicht mehr auflaufen konnte (Voßhenrich, H.-H. u. a. (2018), S. 32).

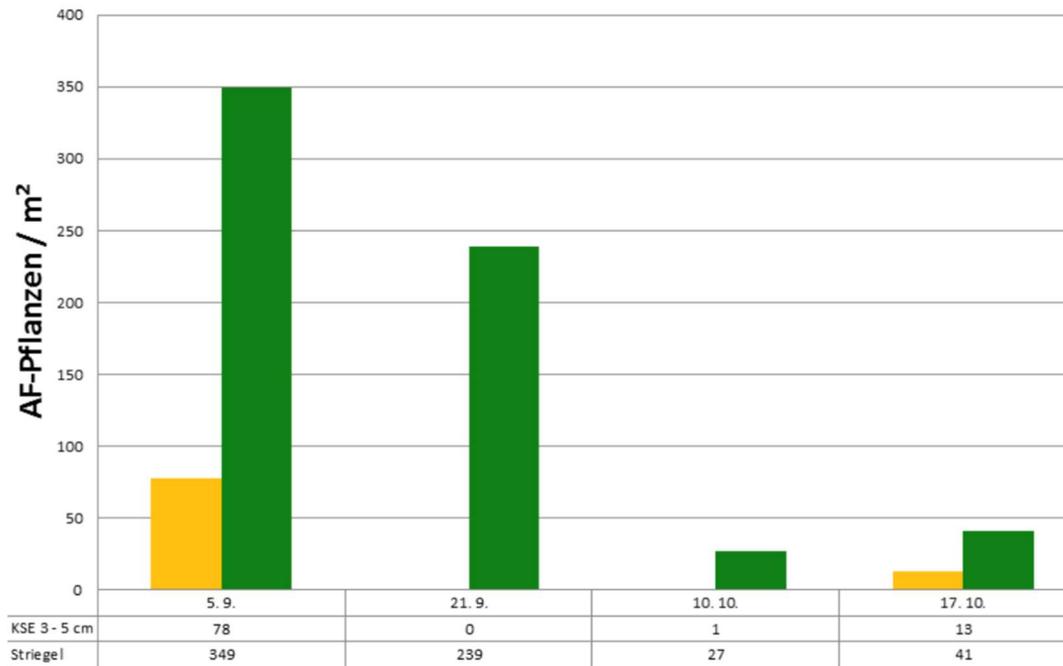


Abbildung 7: Einfluss von Striegel und Kurzscheibenegge auf Besatz mit Ackerfuchsschwanz

Quelle: Henne, U. u. a (2018)

Der positive Effekt des Strohstriegels wird durch Versuchsergebnisse von Zeller bestätigt. Der Striegel wurde zweimal mit einer Arbeitstiefe von 5 cm nach dem Stoppelbruch mit einer Scheibenegge eingesetzt. Mit dieser Variante reduzierte sich der Besatz mit Ackerfuchsschwanz in der Kultur jährlich um etwa 30 % (Zeller, A. (2019b) S. 93).

4.2 Fruchtfolge und Saattermin

Die Fruchtfolge ist eine der wichtigsten Maßnahmen für die Unkrautkontrolle. Der Unkrautdruck steigt in dem Maße je artenärmer und enger die Fruchtfolgen werden. Beim ausschließlichen Anbau von Winterungen treten vermehrt im Herbst keimende Unkräuter auf. Problemunkräuter treten eher zurück, wenn die Diversität der Fruchtarten größer ist und ein Wechsel von Blatt- und Halmfrüchten, Winterungen und Sommerungen sowie Hackfrüchten und Futterpflanzen stattfindet (Diepenbrock, W. u. a. (2012), S. 110 - 111).

4.2.1 Saattermin

Nach Moss laufen etwa 80 % der Ackerfuchsschwanzsamen im frühen Herbst auf. Findet Anfang bis Mitte September auch die Aussaat der Winterkultur statt, keimen die

Samen der Kultur und des Ackerfuchsschwanzes zur gleichen Zeit. Eine Bekämpfung ist dann ausschließlich in der Kultur möglich (Moss, S. (2017)).

Lutman u. a. haben in der Auswertung von Versuchen in England festgestellt, dass eine spätere Aussaat von Winterweizen Ende Oktober den Besatz mit Ackerfuchsschwanzpflanzen im Vergleich zu Aussaaten, die im September erfolgten, um mindestens 50 % reduzieren kann. Ob eine Aussaat, die bereits Mitte Oktober erfolgt, den Besatz mit Ackerfuchsschwanz reduziert, kann statistisch nicht sicher nachgewiesen werden (Lutman, P. u. a. (2013)).

In der Abbildung 8 ist aus der oberen Darstellung A erkennbar, dass im Zeitraum von Ende September bis Mitte Oktober die größte Variabilität in den Daten vorliegt. Die untere Darstellung B in der Abbildung 8 zeigt die Anzahl der Ackerfuchsschwanzähren in Abhängigkeit vom Aussaattermin. Es ist ersichtlich, dass sich die Anzahl der Ackerfuchsschwanzähren bei einer späteren Aussaat bis Oktober deutlich reduziert, bei einer Aussaat im November und Dezember jedoch wieder erhöht. Es wird vermutet, dass die Kulturpflanzen bei einer sehr späten Aussaat weniger Konkurrenzkraft haben und der Ackerfuchsschwanz zu einer stärkeren Bestockung und Ährenbildung angeregt wird.

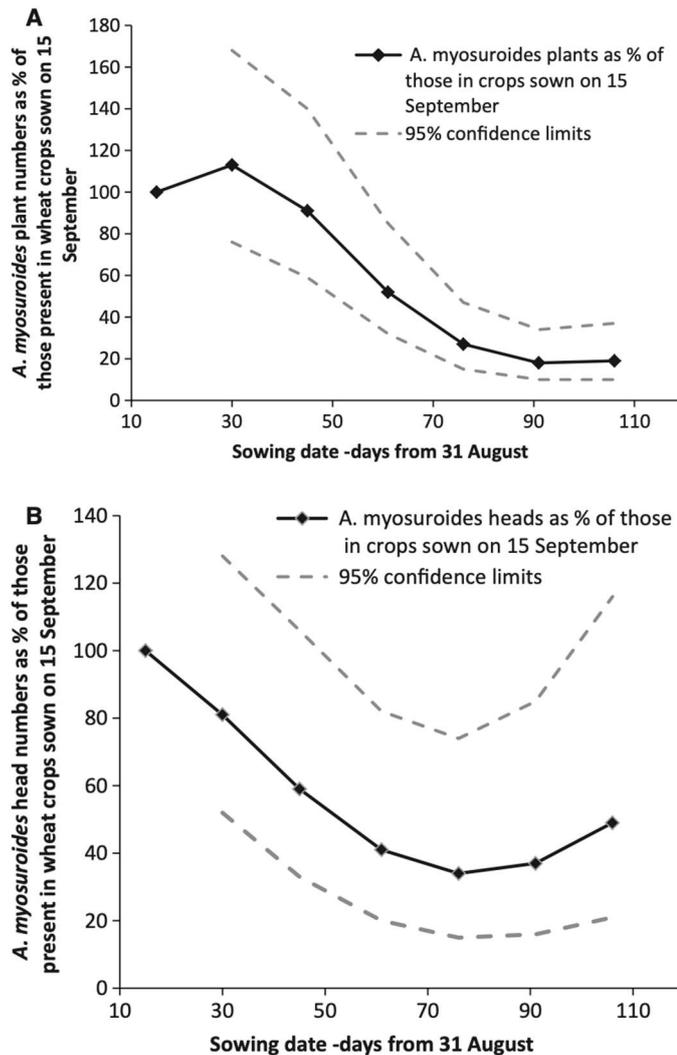


Abbildung 8: Einfluss des Saattermins auf Besatz mit Ackerfuchsschwanz

Quelle: Lutman, P. u. a. (2013)

Saatzeitversuche in Schleswig-Holstein bestätigen die Ergebnisse von Lutman. Der nachfolgenden Abbildung 9 ist zu entnehmen, dass bei der Bonitur der unbehandelten Kontrolle am 31.10. in der früheren Saat 1.709 Ackerfuchsschwanzpflanzen und in der späteren Saat nur 336 Ackerfuchsschwanzpflanzen gezählt wurden. Das entspricht einer Reduktion um etwa 80 %. Bei der Bonitur der Ackerfuchsschwanzähren am 12.06. wurden in 1.918 Ähren/m² der frühen Saat und 901 Ähren/m² in der späten Saat gezählt. Dies entspricht einer Reduktion der Ähren in der späten Saat um etwa 47 % gegenüber einer früheren Aussaat (Landschreiber, M. (2020)).

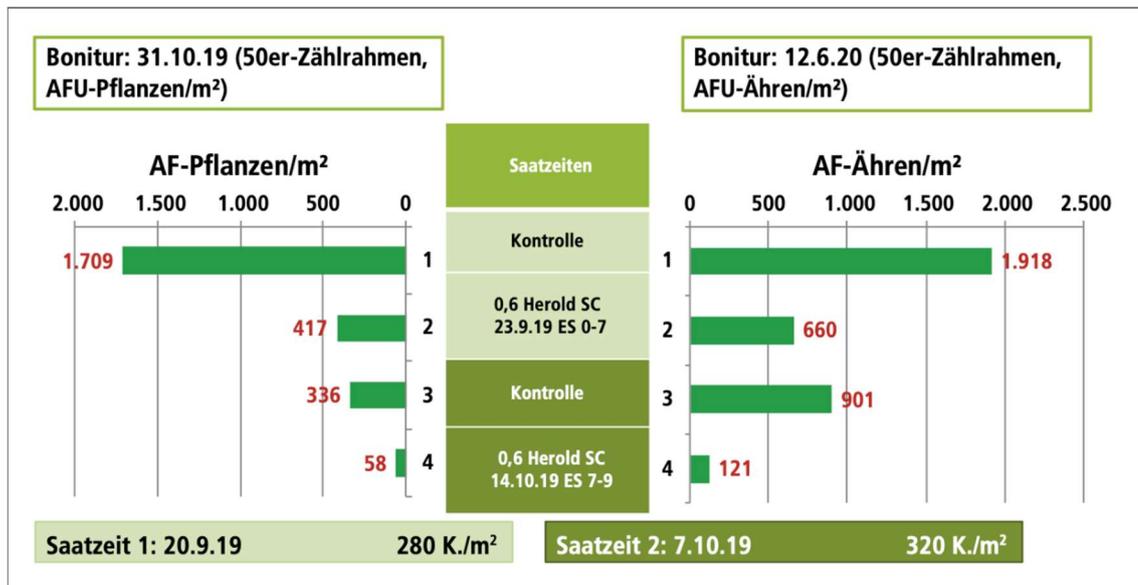


Abbildung 9: Einfluss des Saattermins auf Besatz mit Ackerfuchsschwanz in Schleswig-Holstein

Quelle: Landschreiber, M. (2020)

In der Praxis ist eine spätere Aussaat häufig mit Unsicherheiten verbunden. Große Niederschlagsmengen im Herbst bereiten zu Schwierigkeiten bei der Befahrbarkeit der Flächen und zum anderen ist es bei feuchten Bodenbedingungen nicht möglich, ein feinkrümeliges Saatbett für die Kultur zu schaffen (Landschreiber, M. (2020)). Ist die Etablierung einer Spätsaat auf Grund schlechter Witterung gefährdet, sollte der Anbau einer Sommerkultur erfolgen.

4.2.2 Sommerungen

Versuchsergebnisse zeigen, dass der Anbau einer Sommerkultur am effektivsten zur Reduzierung von Ackerfuchsschwanz beiträgt. So stellten Lutman u. a. bei ihren Auswertungen fest, dass eine Aussaat von Weizen im Sommer den Besatz mit Ackerfuchsschwanz um 78 % bis 96 % reduzierte im Vergleich zu einer Aussaat im September. Im Mittel reduzierte sich der Besatz um 88 % (Lutman, P. u. a. (2013)).

Bei Langzeitversuchen in Schleswig-Holstein hatte die Variante, bei der drei Jahre hintereinander ausschließlich Sommerungen angebaut wurden, den geringsten Besatz mit Ackerfuchsschwanz. Im weiteren Verlauf des Projektes konnte der gestiegene Besatz mit Ackerfuchsschwanz auf Flächen mit ausschließlichen Winterungen durch Sommerungen wieder deutlich reduziert werden (vgl. Abbildung 10). Insbesondere der Anbau

von Hafer hat sich in Schleswig-Holstein als förderlich zur Reduzierung von Ackerfuchsschwanz erwiesen, da er sehr konkurrenzstark gegenüber Ackerfuchsschwanz ist.

Aus Abbildung 10 ist ferner ersichtlich, dass der Anbau von Sommerungen auch Risiken mit sich bringt. So wurden im Jahr 2016 wieder mehr Ackerfuchsschwanzähren gezählt als in den Vorjahren. Begründet wird dies durch das kalte Frühjahr, wodurch der angebaute Sommerweizen erst spät keimte und weniger konkurrenzstark gegenüber dem Ackerfuchsschwanz war (Voßhenrich, H.-H. u. a. (2018), S. 63 - 65).

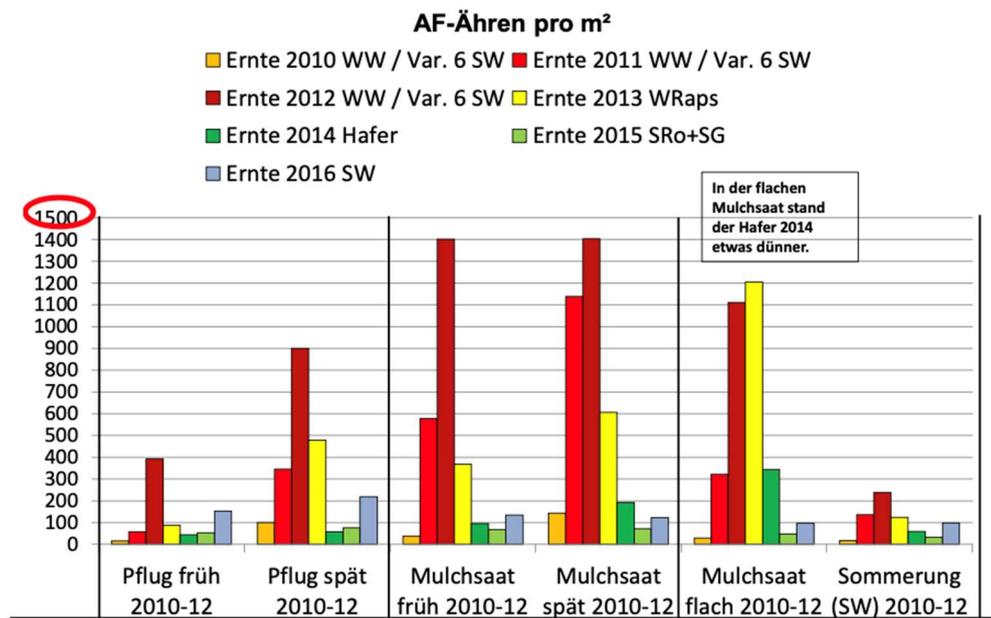


Abbildung 10: Einfluss von Sommerungen auf Besatz mit Ackerfuchsschwanzähren

Quelle: Voßhenrich, H.-H. u. a. (2018), S. 65

Bei einem 5-jährigen Versuch mit unterschiedlichen Anteilen an Sommerungen in der Fruchtfolge von Zeller in Baden-Württemberg war die Anzahl der Ackerfuchsschwanzähren in allen Fruchtfolgevarianten am Ende des Versuches höher als zu Beginn (vgl. Abbildung 11). Der Besatz mit Ackerfuchsschwanz erhöhte sich stetig, außer im dritten Jahr des Versuches als in den Fruchtfolgen (Crop Rotation (CR)) CR 2 und CR 3 Sommergerste angebaut wurde. Der Besatz mit Ackerfuchsschwanz in der Sommergerste war um 33 % geringer als in der Variante CR 1 mit Winterweizen. Nach Ablauf des Versuches hatte die Variante mit einem Anteil von 50 % Sommerungen in der Fruchtfolge einen 50 % geringeren Besatz mit Ackerfuchsschwanz als die Variante mit ausschließlichem Anbau von Winterweizen (Zeller, A. (2019b), S. 27-28).

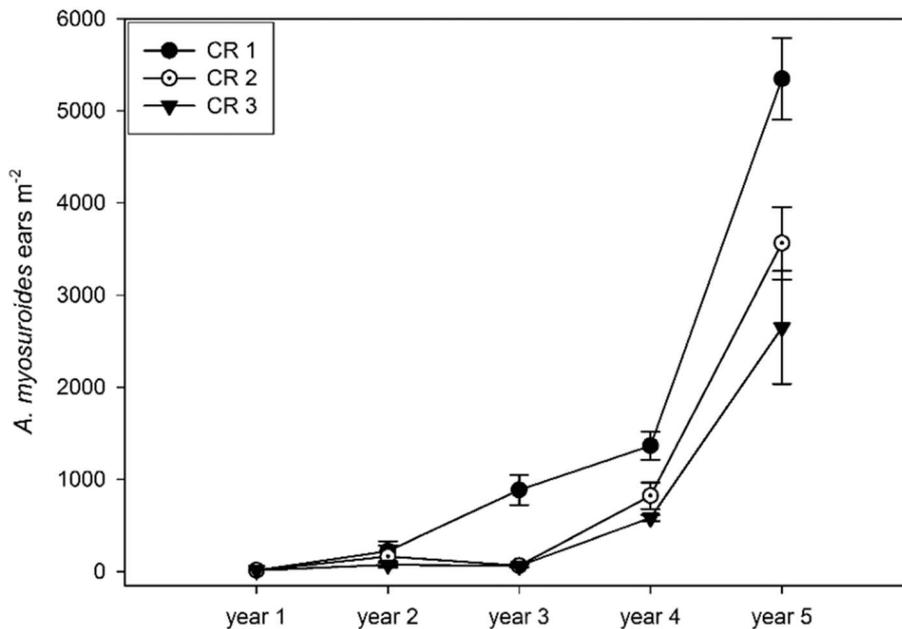


Abbildung 11: Einfluss von Sommerungen in der Fruchtfolge auf Besatz mit Ackerfuchsschwanzähren

Quelle: Zeller, A. (2019b), S. 27

Nach Versuchen in Schleswig-Holstein wird die Empfehlung gegeben, Sommerungen zu wählen, die schnell und gut den Boden bedecken, um konkurrenzstark gegenüber dem Ackerfuchsschwanz zu sein. Besonders geeignet zur Unterdrückung von Ackerfuchsschwanz ist Hafer, der allelopathische Effekte durch Wurzelausscheidungen gegenüber dem Ackerfuchsschwanz ausübt. Des Weiteren durchwurzelt Hafer den Boden intensiv, wodurch der Ackerfuchsschwanz mehr Konkurrenz erfährt. Sommergerste und schnellstartende Sommerweizensorten eignen sich ebenfalls zur Unterdrückung von Ackerfuchsschwanz (Voßhenrich, H.-H. u. a. (2018) S. 110 - 111).

Sommerungen mit einem breitem Reihenabstand, wie zum Beispiel Mais oder Zuckerrüben, sind für eine Bekämpfung von Ackerfuchsschwanz weniger geeignet, da sie den Boden zu spät abdecken und daher nur geringe Konkurrenzkraft haben. Auch Leguminosen sind nur bedingt geeignet, da sie sich anfangs sehr langsam entwickeln und durch den schneller auflaufenden Ackerfuchsschwanz unterdrückt werden können (Voßhenrich, H.-H. u. a. (2018) S. 110 - 111). Bei der Auswertung eines Projektes in Schleswig-Holstein gaben jedoch mehrere Betriebe an Ackerbohnen anzubauen, um Ackerfuchsschwanz besser bekämpfen zu können (Sauer mann, W. (o. J.)).

Der Anbau von Sommerungen zur Reduzierung von Ackerfuchsschwanz kann auf schweren Böden und unter feuchten Witterungsverhältnissen eine Herausforderung sein. In England führt das Beratungsunternehmen Agrovista UK Limited seit dem Jahr 2013 das Lamport-Projekt durch, um zu prüfen, ob der Anbau von Zwischenfrüchten einen erfolgreichen Anbau von Sommerungen fördern kann. Im späten August wird ein Gemisch aus Rauhafer und Alexandriner-Klee mit einer geringen Aussaatstärke von etwa 70 Pflanzen/m² ausgebracht, mit dem Ziel, dass viel Ackerfuchsschwanz in diesem dünnen Bestand aufgeht. Im Lamport-Projekt wird der Aufwuchs von Ackerfuchsschwanz, Zwischenfrucht und anderen Ungräsern zwei Wochen vor der Aussaat der Sommerung mit Glyphosat vernichtet. Die Sommerung wird anschließend mit wenig Bodenbewegung eingeschlitzt (Allison, R. (2015), Bröker, Küper (2016)).

Die nachfolgende Abbildung 12 zeigt im oberen Teil die Kontrollvariante mit einer auch für Deutschland typischen Fruchtfolge aus Winterweizen, Winterweizen und Winterraps. Im Jahr 2014 wurden 55 Ähren Ackerfuchsschwanz pro Quadratmeter gezählt, im folgenden Jahr 274 Ähren pro Quadratmeter und im Jahr 2017 500 Ähren pro Quadratmeter. Im Vergleich dazu wurden auf den Flächen, auf denen im Herbst eine Zwischenfrucht und im Frühjahr Sommerweizen angebaut wurden, in jedem Versuchsjahr weniger als 3 Ähren Ackerfuchsschwanz pro Quadratmeter gezählt (Cunningham, C. (2019)).

Conventional rotation			
Harvest Year	Cropping	Yield (t/ha)	Blackgrass Heads (m²)
2017	First wheat	8.88	500
2016	OSR	4.24	-
2015	Second wheat	7.83	274
2014	First wheat	12.18	55
Spring cropping (after autumn cover)			
Harvest Year	Cropping	Yield (t/ha)	Blackgrass Heads (m²)
2017	Autumn cover crop / spring wheat	8.6	<2
2016	Autumn cover crop / spring wheat	8.65	<2
2015	Autumn cover crop / spring wheat	10.3	<3
2014	Late-sown autumn cover crop	-	-
Reset			
Harvest Year	Cropping	Yield (t/ha)	Blackgrass Heads (m²)
2017	Autumn cover crop / spring wheat (destroyed)	-	-
2016	First wheat	5.69	129
2015	Autumn cover crop / spring wheat	9.5	<13
2014	Autumn cover crop / spring wheat	8.7	<3

Abbildung 12: Auswirkung des Lamport-Systems auf Besatz mit Ackerfuchsschwanz

Quelle: Cunningham, C. (2019), S. 67

Das oben beschriebene Lamport-System ist auch für Deutschland beim Anbau von Sommerungen interessant, da mit der neuen Förderperiode GAP ab 2023 eine Mindestbodenbedeckung im Zeitraum vom 1. Dezember bis zum 15. Januar vorgeschrieben ist. Das englische Projekt setzt jedoch auf den Einsatz von Glyphosat, welches voraussichtlich ab Januar 2024 in Deutschland verboten ist. Die Zwischenfrucht und der aufgelaufene Ackerfuchsschwanz müssen dann mechanisch vernichtet werden, mit dem Nachteil, dass durch die Bodenbewegung neuer Ackerfuchsschwanzsamen in Keimstimmung gebracht wird. Bei den in der Zwischenfruchtmischung verwendeten Kulturen Rauhafer und Alexandriner-Klee handelt es sich jeweils um frostempfindliche Kulturen, die bereits bei leichtem Frost sicher absterben. Der gesamte Aufwuchs sollte bei Frost mit einem Mulcher oder einer Walze zerkleinert werden. Für die Einarbeitung empfiehlt sich eine flache Bodenbearbeitung unter Berücksichtigung der Bodenfeuchte mit einem Grubber mit Gänsefußscharen oder einer Kurzscheibenegge. Eine erste Bodenbearbeitung ist bereits bei Frost möglich (Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (2020)).

4.2.3 Blattfrüchte

Ackerfuchsschwanz ist besonders an den Entwicklungszyklus des Wintergetreides angepasst. Ein Wechsel zwischen Halm- und Blattfrüchten kann eine wirksame Maßnahme bei der Bekämpfung von Ackerfuchsschwanz sein, da andere Wirkstoffgruppen eingesetzt werden können. Im Winterraps finden beispielsweise zusätzlich Mittel aus der Gruppe HRAC 3 Verwendung, gegen die noch keine Resistenzen bekannt sind. Der Anbau von Blattfrüchten ist somit ein wichtiger Baustein im Resistenzmanagement.

Bei einer Langzeitstudie in Schleswig-Holstein wurde festgestellt, dass der Anbau von Winterraps einen reduzierenden Effekt auf Ackerfuchsschwanz hat. Der Erfolg bei der Bekämpfung wird in erster Linie der Wirkung des Mittels Kerb Flo mit dem Wirkstoff Propyzamid aus der Gruppe HRAC 3 zugeschrieben (Voßhenrich, H.-H. u. a. (2018) S. 109). Die in der Abbildung 13 zu erkennende Erhöhung des Besatzes mit Ackerfuchsschwanz bei der flachen Mulchsaat wird in der Studie auf die schlechte Entwicklung des Winterraps zurückgeführt.

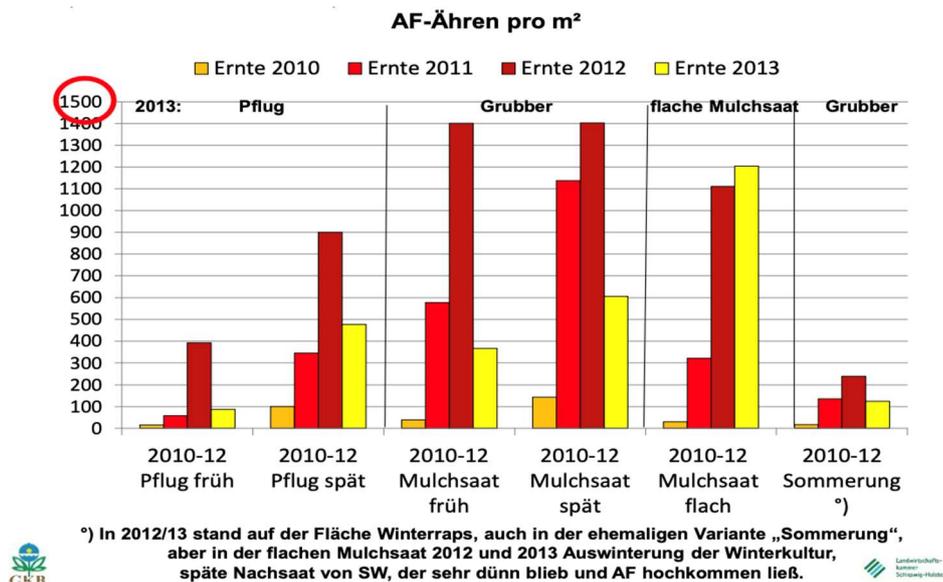


Abbildung 13: Einfluss der Kultur Winterraps auf Besatz mit Ackerfuchsschwanz

Quelle: Voßhenrich, H.-H. u. a. (2018) S. 45

Als Fazit der Versuche in Schleswig-Holstein wird Winterraps nur bedingt als eine Sanierungsfrucht eingeschätzt (Voßhenrich, H.-H. u. a. (2018) S. 45).

Ist die Blattfrucht gleichzeitig auch eine Sommerung, erweitern sich die ackerbaulichen Möglichkeiten zur Bekämpfung des Ackerfuchsschwanzes. Der Zeitraum für eine optimale Bodenbearbeitung im Herbst verlängert sich deutlich und es kann viel Ackerfuchsschwanzsamen zum Auflaufen gebracht werden (Stemann, G. (2019)).

4.3 Herbizidmanagement

Der Einsatz von Herbiziden wird in der Regel als die wirksamste und häufig auch die preisgünstigste und zuverlässigste Form der Unkrautbekämpfung angesehen. Wird jedoch die Intensität der Herbizidmaßnahmen erhöht und die Erträge gehen auf Grund eines hohen Unkrautbesatzes dennoch zurück, hat dies auch ökonomische Folgen. Im Sinne des integrierten Pflanzenschutzes sollten Herbizide erst eingesetzt werden, wenn alle anderen ackerbaulichen Maßnahmen angewendet wurden. Im Rahmen eines effektiven Herbizidmanagements sollte der häufige und wiederholte Einsatz von einzelnen Wirkstoffen mit gleicher Wirkweise unterbleiben, um den Selektionsdruck auf Problemunkräuter wie Ackerfuchsschwanz so gering wie möglich zu halten (DLG-Ausschuss für Pflanzenschutz, u. a. (2018), S. 12).

Die Untersuchungen von Zeller bestätigen, dass der kontinuierliche Einsatz von Herbiziden mit einem hohen Resistenzrisiko zu einem deutlichen Verlust der Wirksamkeit führt. Bei der in der Abbildung 14 dargestellten Herbizidstrategie (HS) HS 4 wurden über einen Zeitraum von fünf Jahren ausschließlich ALS- bzw. ACCase-Hemmer eingesetzt, die auf der einen Seite sehr effektiv gegen Ackerfuchsschwanz wirken auf der anderen Seite jedoch ein sehr hohes Resistenzrisiko aufweisen. Die in der Abbildung 14 dargestellten Herbizidstrategien HS 3 und HS 2 weisen am Ende des Versuchszeitraums einen vergleichbaren geringeren Besatz mit Ackerfuchsschwanz auf. Bei diesen Varianten erfolgte ein Wechsel zwischen den Wirkmechanismen. Bei der Strategie HS 3 wurden, entsprechend den Empfehlungen des örtlichen Pflanzenschutzdienstes, zusätzlich zu den ALS- und ACCase-Hemmern auch Wirkstoffe der HRAC-Gruppen 3 und 15 eingesetzt. Die Variante HS 2 hatte den geringsten Selektionsdruck, da jedes Jahr Herbizide mit einem anderen Wirkmechanismus eingesetzt wurden (Zeller, A. (2019b), S. 46 -48).

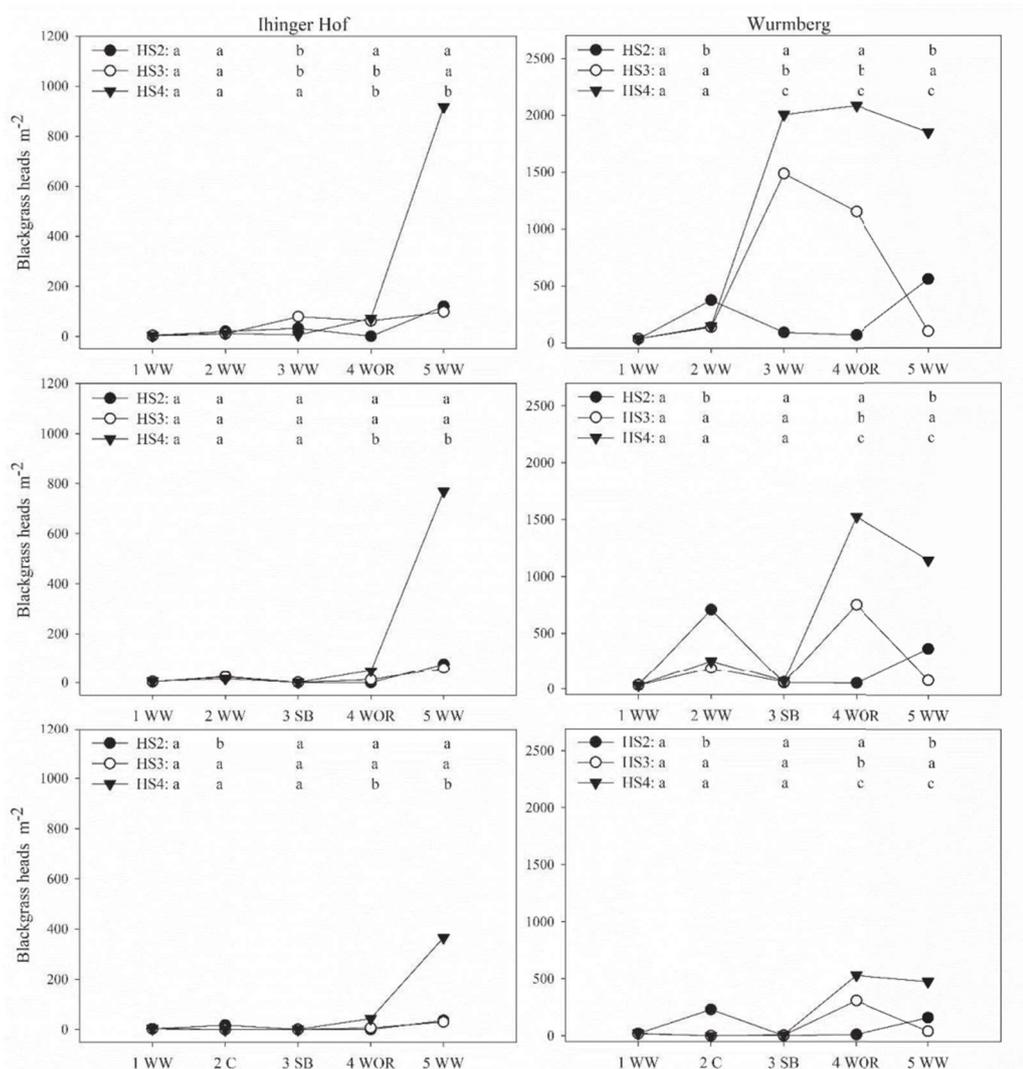


Abbildung 14: Einfluss des Herbizidmanagements auf Besatz mit Ackerfuchsschwanz

Quelle: Zeller, A. (2019b), S. 48

Die Ergebnisse aus dem langjährigen Versuch in Schleswig-Holstein bestätigen ebenfalls, dass der Einsatz von Herbiziden kurzfristig eine einfache und gut wirkende Lösung bei der Bekämpfung von Ackerfuchsschwanz ist. Dort wurde im Frühjahr das Mittel Atlantis mit den Wirkstoffen Iodosulfuron und Mesosulfuron aus der HRAC-Gruppe 2 eingesetzt. Solange das Mittel einen hohen Wirkungsgrad hat, werden wenige Ackerfuchsschwanzsamen in die Samenbank eingetragen. Bei den durchgeführten Versuchen in Schleswig-Holstein hat das Mittel Atlantis alle Bodenbearbeitungseffekte und auch den Effekt beim Anbau einer Sommerung überdeckt. (Voßhenrich, H.-H. u. a. (2018) S. 36-40).

Eine wichtige Aufgabe beim Einsatz von Herbiziden ist es darauf zu achten, dass die enthaltenen Wirkstoffe einem möglichst geringen Selektionsdruck ausgesetzt sind, um

die Wirksamkeit dauerhaft zu erhalten. Im Folgenden werden Wirkstoffe beschrieben, die einen guten Wirkungsgrad bei der Bekämpfung von Ackerfuchsschwanz haben. Der Fokus liegt dabei auf Wirkstoffen, die im Getreide und im Raps angewendet werden, da Ackerfuchsschwanz insbesondere in Getreidefruchtfolgen mit einem hohen Anteil an Winterweizen Probleme bereitet.

4.3.1 Herbstanwendungen im Getreide

Auf Standorten mit einem hohen Besatz an Ackerfuchsschwanz wird bereits im Herbst eine Maßnahme mit Bodenherbiziden empfohlen. Es ist dabei auf eine ausreichende Rückverfestigung zu achten. Ist der Boden sehr locker und klutig, kann ein kurzer Lichtreiz in tiefere Bodenschichten gelangen und die dort liegenden Ackerfuchsschwanzsamen zur Keimung anregen. Da der Wirkstoff jedoch nur wenige Zentimeter in den Boden eindringt, nimmt Ackerfuchsschwanz, der in tieferen Schichten liegt, nicht genug davon auf und überlebt (Bohla, R. u. a. (2021)).

Bei Versuchen in Thüringen durch das Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum (TLLLR) verbesserte sich die Wirkung der Bodenherbizide nach vorherigem Walzen zum Teil wesentlich (vgl. Abbildung 15). In der Frühsaat konnte die Wirkung des Produktes Herold SC mit den Wirkstoffen Diflufenican (HRAC-Gruppe 12) und Flufenacet (HRAC-Gruppe 15) durch vorheriges Walzen um ca. 20 % gesteigert werden. Keine steigernde Wirkung durch das Walzen wurde beim Zusatz des Produktes Boxer mit dem Wirkstoff Prosulfocarb aus der HRAC-Gruppe 15 erzielt. In der Spätsaat reduzierte der Walzeneinsatz den Besatz mit Ackerfuchsschwanz bei der Verwendung des Produktes Herold SC von 80 Ähren/m² auf 48 Ähren/m² um 40 % und beim Zusatz des Produktes Boxer in die Tankmischung von 34 % Ähren/ m² auf 24 % Ähren/m² um weitere 30 % (Ewert, K, u. a. (2021)).

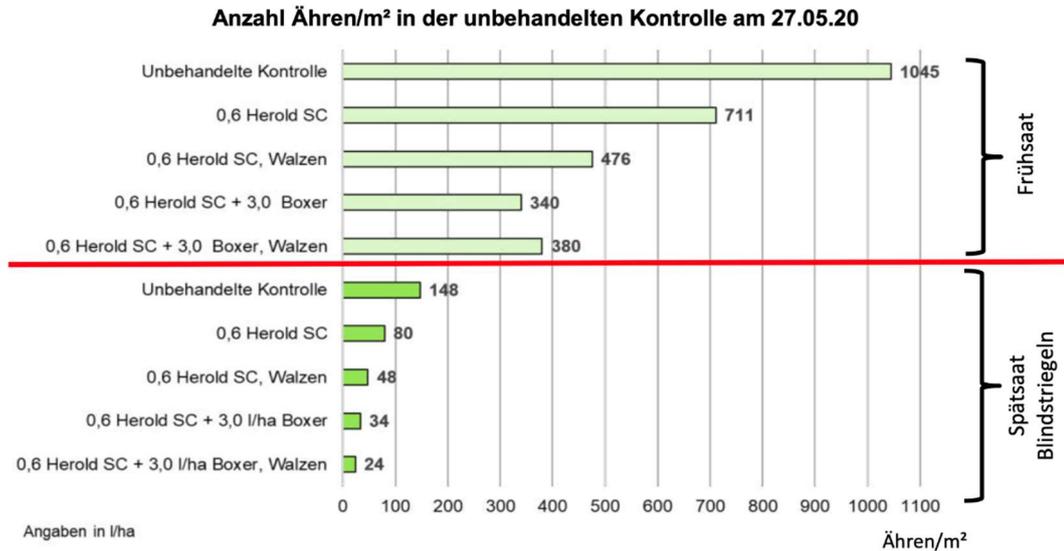


Abbildung 15: Einfluss des Saattermins auf Besatz mit Ackerfuchsschwanz

Quelle: Ewert, K, u. a. (2021), S. 17

Im Getreide können mit dem Wirkstoff Flufenacet aus der HRAC-Gruppe 15 die besten Bekämpfungserfolge erzielt werden. Auswertungen von Versuchen der N.U. Agrar GmbH durch Rüdts ergaben, dass Tankmischungen ohne Flufenacet schlechtere Wirkungsgrade bei der Bekämpfung hatten. Die Erfolge bei der Bekämpfung konnten, entsprechend dem oben beschriebenen Versuch der TLLLR, durch den Zusatz von anderen Wirkstoffen zum Flufenacet erhöht werden. So zeigte auch die Auswertung von Rüdts, dass durch die Kombination der Wirkstoffe Flufenacet und Prosulfocarb gute Bekämpfungserfolge erzielt werden. Beide Wirkstoffe gehören der Gruppe HRAC 15 an und werden über die Wurzel und das Hypokotyl aufgenommen. Durch die Anwendung kommt es zu einer unkontrollierten Zellteilung und es sind Verkrümmungen, Stauchungen und Verdrehungen an jungen Blättern erkennbar. Des Weiteren führte eine Kombination der Wirkstoffe Flufenacet und Pendimethalin aus der Gruppe HRAC 3 zu einer sicheren Wirkung gegen Ackerfuchsschwanz. Beide Wirkstoffe werden über das Hypokotyl und die Wurzel aufgenommen. Eine noch höhere Wirkung gegen den Ackerfuchsschwanz kann erreicht werden, wenn der Wirkstoff Flufenacet mit dem Wirkstoff Metribuzin kombiniert wird, der in die Gruppe HRAC 5 eingeordnet ist (Rüdts, M. (2018), S. 55 - 57, Trenkamp, S. (2003)). Der Wirkstoff Metribuzin hat seit Dezember 2020 mit dem Mittel Liberator pro eine Zulassung in Deutschland im Getreide, ist jedoch derzeit im Handel nicht verfügbar.

Optimale Bedingungen für Herbizidmaßnahmen mit Wirkstoffen, die über die Wurzel oder das Hypokotyl aufgenommen werden, liegen vor, wenn es vor der Maßnahme ge-

regnet hat und der Boden ausreichend feucht ist. Die Mittel können dann durch den Massefluss besser aufgenommen werden.

Neben den Bodenherbiziden können im Herbst auch Blattherbizide im Getreide eingesetzt werden, wobei hierfür eine ausreichende Blattmasse Voraussetzung ist. Bei starkem Besatz mit Ackerfuchsschwanz bietet sich eine zweite Behandlung im Herbst mit dem Produkt Traxos an. Es enthält die Wirkstoffe Pinoxaden und Clodinafop, die zu den ACCase-Hemmern der HRAC-Gruppe 1 gehören und über die Blätter wirken. Ein optimaler Termin für die Applikation des Mittels ist kurz vor der Vegetationsruhe. Der Ackerfuchsschwanz kann zu diesem Zeitpunkt die Wirkstoffe noch in ausreichender Menge aufnehmen, ist aber nicht mehr in der Lage, die Wirkstoffe abzubauen. Rüdt hat in seinen Auswertungen festgestellt, dass eine Kombination des Produktes Traxos mit dem Wirkstoff Pendimethalin aus der der HRAC-Gruppe 3 die Wirkung gegen Ackerfuchsschwanz erhöht. Da dieser Wirkstoff über die Wurzel aufgenommen wird, kann zusätzlich bisher noch nicht aufgelaufener Ackerfuchsschwanz bekämpft werden (Rüdt, M. (2018), S. 67 - 68).

Eine grundsätzlich große Bedeutung bei der Bekämpfung des Ackerfuchsschwanzes haben Sulfonylharnstoffe der HRAC-Gruppe 2, die über das Blatt aufgenommen werden. Rüdt stellte jedoch bei der Auswertung von Versuchen der N.U. Agrar GmbH fest, dass der Einsatz von Sulfonylharnstoffen im Herbst keine ausreichende Wirkung hat. Werden sie im Frühjahr ein zweites Mal eingesetzt, können Resistenzen gefördert werden. Pflanzen, die bereits im Herbst dem Wirkstoff ausgesetzt waren, können diesen im Frühjahr noch besser abbauen (Rüdt, M. (2018), S. 68).

4.3.2 Frühjahrsanwendungen im Getreide

Werden Sulfonylharnstoffe einmalig im Frühjahr angewendet, zeigen sie beste Erfolge auf sensiblen Ackerfuchsschwanz. Dies bestätigen die Auswertungen von Versuchen der N.U. Agrar GmbH durch Rüdt und Versuche in Schleswig-Holstein. Dort zeigt das Produkt Atlantis mit den Sulfonylharnstoffen Iodosulfuron und Mesosulfuron aus der HRAC-Gruppe 2 den besten Wirkungsgrad ((Voßhenrich, H.-H. u. a. (2018) S. 36 - 39)).

Sulfonylharnstoffe sind durch eine schnell einsetzende Wirkung gekennzeichnet. Bereits innerhalb weniger Stunden tritt ein Wachstumsstillstand ein und nach einigen Tagen sind Vergilbungen oder leichte Rotverfärbungen erkennbar. Die Zielpflanze ist nach

einigen Wochen endgültig abgestorben. Rüdts beschreibt, dass gut vernalisierter Ackerfuchsschwanz deutlich schwerer zu bekämpfen ist und daher höhere Aufwandmengen notwendig sind. Da der Vernalisierungsgrad nicht vollständig eingeschätzt werden kann, empfiehlt Rüdts die volle zugelassene Aufwandmenge einzusetzen (2,8 g/kg Iodosulfuron und 14,6 g/kg Mesosulfuron) (Rüdts, M. (2018), S. 62).

Versuche der N.U. Agrar GmbH zeigen, dass gute Wirkungsgrade mit einer Kombination aus Sulfonylharnstoffen (HRAC-Gruppe 2) und ACCase-Hemmern (HRAC-Gruppe 1) erreicht werden, da der Ackerfuchsschwanz bei der Aminosäure-Synthese und der Fettsäure-Synthese an zwei Wirkorten angegriffen wird (Rüdts, M. (2018), S. 62). Es besteht allerdings auch ein hohes Risiko, dass sich Populationen von Ackerfuchsschwanz entwickeln, die gegen beide HRAC-Gruppen resistent sind. Dies würde den Verlust aller im Frühjahr im Getreide einsetzbaren Wirkstoffe gegen Ackerfuchsschwanz bedeuten.

4.3.3 Spritzfolgen im Getreide

Bei einem hohen Besatz mit Ackerfuchsschwanz sind Einmalbehandlungen in der Regel nicht ausreichend, um Ertragseinbußen zu verhindern. Ringversuche zeigen, dass deutlich höhere Wirkungsgrade verzeichnet werden können, wenn nach einer Vorlage mit flufenacethaltigen Produkten im Herbst, blattaktive Wirkstoffe wie Pinoxaden aus der HRAC-Gruppe 1 oder Iodosulfuron und Mesosulfuron, beide aus der HRAC-Gruppe 2, im Frühjahr verwendet werden (Meinlschmidt, E. u. a. (2016)).

Die Auswertung der Versuche der N.U. Agrar GmbH durch Rüdts bestätigt, dass Doppelbehandlungen stets bessere Wirkungsgrade erzielen als nur eine Maßnahme im Herbst oder im Frühjahr. Die Sicherheit von Anwendungen im Herbst und im Frühjahr ist größer, da jeweils frisch aufgelaufener bzw. bereits vorgeschädigter Ackerfuchsschwanz bekämpft wird. Auch bei den Versuchen der N.U. Agrar GmbH zeigt sich die Kombination flufenacethaltiger Mittel im Herbst mit Iodosulfuron- und mesosulfuronhaltiger Mittel im Frühjahr als sehr erfolgreich (Rüdts, M. (2018), S. 64 - 67).

4.3.4 Herbizidmaßnahmen im Raps

Auf Flächen mit einem starken Ackerfuchsschwanz-Besatz kann der Winterraps in der Fruchtfolge genutzt werden, den Ackerfuchsschwanz mit Herbiziden aus anderen Wirkstoffklassen, die weniger resistenzgefährdet sind, zu unterdrücken. Wichtige Wirkstoffe

sind dabei Propyzamid aus der HRAC-Gruppe 3, Carbetamid aus der HRAC-Gruppe 23 sowie Metazachlor und Dimethenamid-P aus der HRAC-Gruppe 15 (Schönhammer, A. u. a. (2020), Ewert, K. (2019), Augustin, B. u. a. (2018)). Die Genehmigung für den Wirkstoff Carbetamid endete zum 26.06.2021. Somit gilt eine Aufbrauchfrist für Pflanzenschutzmittel mit diesem Wirkstoff bis zum 26.12.2022.

Auswertungen von langjährigen Versuchen der Firma BASF zeigen, dass der Wirkstoff Metazachlor bei einer Anwendung im Voraufbau Wirkungsgrade von über 80 % erzielt. Die Wirkungsgrade im Nachaufbau sind geringer, insbesondere wenn der Ackerfuchsschwanz das Ein-Blatt-Stadium erreicht oder bereits überschritten hat. Die Wirkung von Metazachlor kann nach Schönhammer u. a. durch die Kombination mit dem Wirkstoff Dimethenamid-P, der ebenfalls zur HRAC-Gruppe 15 zählt, erhöht werden. Vergleichsversuche zeigen, dass im Voraufbau immer ein Wirkungsgrad von 80 % bis 100 % erreicht werden konnte (Schönhammer, A. u. a. (2020)). Versuche in Thüringen können diese hohen Wirkungsgrade nicht bestätigen. Bei Anwendung der vollen Aufwandmenge konnte mit Metazachlor nur ein Wirkungsgrad von 15 % bis 20 % erreicht werden. Wurde die Aufwandmenge um ein Drittel reduziert, war der Gehalt an Metazachlor im Produkt zu gering und es konnte keine Wirkung gegen Ackerfuchsschwanz festgestellt werden. Zum Zeitpunkt der Anwendung war es sehr trocken, so dass das Bodenherbizid seine Wirkung nicht voll entfalten konnte (Ewert, K. (2019)).

Da für eine sichere Bekämpfung von Ackerfuchsschwanz Wirkungsgrade von 97 % bis 98 % erforderlich sind, ist oftmals eine Nachbehandlung notwendig. Für ein wirksames Herbizidmanagement sollte jedoch auf die hochwirksamen, aber stark resistenzgefährdeten Untergruppen FOP und DEN aus der HRAC-Gruppe 1 verzichtet werden, um die im Getreide eingesetzten ACCase-Hemmer nicht durch eine Vorselektion resistenter Biotypen in ihrer Wirksamkeit zu beeinträchtigen. DIM-Herbizide, die aufgrund fehlender Safener nicht im Getreide eingesetzt werden können, sind im Winterraps sehr wirksam, wenn keine Resistenzen vorliegen. Ein Beispiel dafür ist der Wirkstoff Clethodim, der bei Resistenzuntersuchungen Wirkungsgrade bis zu 98 % erzielen konnte (Agris42 (2021)).

Der zum Vegetationsende eingesetzte Wirkstoff Propyzamid aus der HRAC-Gruppe 3 zeigt gute Wirkungsgrade, wenn der Ackerfuchsschwanz bereits vorgeschädigt ist. Kann sich der Ackerfuchsschwanz bis zum Einsatztermin von Propyzamid im späten Herbst ungehindert entwickeln, sind die Wirkungsgrade in der Regel deutlich geringer.

Der ideale Einsatztermin von Propyzamid ist zum Vegetationsende, wenn die Temperaturen unter 10 °C liegen, um die Verflüchtigungsgefahr zu verringern. Der Wirkstoff wird zu 95 % über die Wurzeln aufgenommen und wirkt vor allem in den oberen 1 cm bis 2 cm des Bodens. Bei einem sehr dichten Rapsbestand mit großen Pflanzen besteht die Gefahr, einer ungleichmäßigen Querverteilung des Mittels im Boden und geringerer Wirkungsgrade. Ausreichender Niederschlag nach der Applikation wirkt sich günstig aus, da er den Wirkstoff von den Blättern abwaschen und an die Wurzeln des Ackerfuchsschwanzes bringen kann. Eine weitere Unsicherheit beim Einsatz von Propyzamid ist der späte Einsatztermin wegen eventuell schwieriger Bodenverhältnisse bei der Befahrung (Augustin, B. u. a. (2018), (Voßhenrich, H.-H. u. a. (2018) S. 109 - 110).

Als Fazit kann festgestellt werden, dass eine Sanierung von Flächen mit starkem Ackerfuchsschwanzbesatz durch den Anbau von Winterraps schwierig wird, wenn Resistenzen gegen ACCase-Hemmer vorliegen, obwohl ein dichter Winterrapsbestand grundsätzlich in der Lage ist, Ackerfuchsschwanz zu unterdrücken (Voßhenrich, H.-H. u. a. (2018) S. 109 - 110).

4.4 Kombination ackerbaulicher Verfahren

Eine erfolgreiche Kontrolle und Regulierung von Ackerfuchsschwanz erfordert zum einen Kenntnisse über die Biologie des Problemungrases und zum anderen eine Kombination von ackerbaulichen Maßnahmen. Nach der Ernte ist ausreichend Zeit zum Liegenlassen der Stoppel erforderlich, da sich der Samen in der primären Keimruhe befindet. In dieser Zeit können auch Samenverluste durch ineffiziente Keimung stattfinden. Bei der Bekämpfung von Ackerfuchsschwanz im Rahmen der Stoppelbearbeitung ist zu beachten, dass wesentlich mehr Ackerfuchsschwanz zum Auflaufen gebracht werden kann, wenn flach gearbeitet wird. Durch den mehrmaligen Einsatz eines Striegels nach der Ernte wird Ackerfuchsschwanz zum Auflaufen angeregt und wieder vernichtet. Pflügen im Abstand von 4 bis 5 Jahren bringt Ackerfuchsschwanzsamen in tiefere Bodenschichten, aus der sie nicht auflaufen können. Mit einer späten Aussaat frühestens Anfang Oktober kann auch Ackerfuchsschwanz, der sich in einer langen primären Keimruhe befindet vor der Kultur auflaufen. Eine sehr deutliche Reduktion der Ackerfuchsschwanzähren wird durch den Anbau sommerannueller Kulturen erreicht. Ein Wechsel zwischen Blatt- und Halmfrüchten unterstützt das Resistenzmanagement durch größere Möglichkeiten beim Herbizidwirkstoffwechsel.

5 Diskussion

Im nachfolgenden Abschnitt werden zwei Schläge der Landwirtschafts GmbH Ifta in Creuzburg beschrieben, die einen sehr hohen Besatz mit Ackerfuchsschwanz aufweisen. Es werden Maßnahmen zur Sanierung dieser Flächen diskutiert, um weiterhin hinreichend profitabel wirtschaften zu können. Die Ziele sind dabei angelehnt an die Ausführungen im Thünen Working Paper 99 - Entwicklung nachhaltig wirkender Methoden zur Ackerfuchsschwanzbekämpfung (Voßhenrich, H.-H. u. a. (2018) S. 2). Die Ziele lauten:

- Frisch ausgefallenen Ackerfuchsschwanzsamen nicht tiefer in die Samenbank im Boden gelangen zu lassen
- Alten Ackerfuchsschwanzsamen aus der Samenbank im Boden abzubauen
- Möglichst viel Ackerfuchsschwanzsamen vor der Saat der Kultur zu vernichten

5.1 Standort „Gehäußgraben groß“

Der Schlag „Gehäußgraben groß“ liegt auf einer mittleren Höhe von 280 m über dem Meeresspiegel. Beim Bodentyp handelt es sich um eine Pararendzina, die sich aus Kalkstein entwickelt hat. Die Bodenart ist lehmiger Ton mit einem hohen Steingehalt. Die Bodenwertzahl liegt bei 35 Bodenwertpunkten.

Die Abbildung 16 zeigt den Schlag „Gehäußgraben groß“ vor der Ernte 2021. Auf der gesamten mit Winterdurum bestellten Fläche ist ein starker Besatz mit Ackerfuchsschwanz erkennbar, der zu einem Ertragsverlust von fast 50 % im Vergleich zum betrieblichen Mittel der Ernte 2021 führte (vgl. Tabelle 1). In den Jahren 2016 und 2017 konnten auf dem Schlag noch Erträge erzielt werden, die nur geringfügig vom betrieblichen Mittel abweichen. Seit dem Jahr 2018 sind deutliche Ertragsverluste feststellbar, die auf einen zunehmenden Besatz mit resistentem Ackerfuchsschwanz hindeuten.



Abbildung 16: Schlag "Gehäußgraben groß" mit starkem Ackerfuchsschwanzbesatz

Quelle: eigenes Foto

Tabelle 1: Erträge auf Schlag "Gehäußgraben groß" in den Jahren 2016 – 2021

Quelle: eigene Erhebung

Erntejahr	Fruchtart	Ertrag „Gehäußgraben groß“ [dt/ha]	Mittlerer Ertrag [dt/ha]	Abweichung [%]
2016	Winterraps	40,8	43,4	6,0
2017	Winterweizen AB	75,2	79,2	5,1
2018	Winterraps	21,9	34,1	35,8
2019	Winterdinkel	54,2	80,9	33,0
2020	Winterdinkel	47,7	66,5	28,3
2021	Winterdurum	26,2	49,5	47,1

Im Sommer 2021 wurden auf dem Schlag „Gehäußgraben groß“ Resistenzuntersuchungen durchgeführt. Aus den in der Abbildung 17 dargestellten Ergebnissen geht hervor,

dass der Ackerfuchsschwanz auf diesem Schlag eine fast vollständige Resistenz gegen alle ALS-Hemmer (HRAC-Grupp 2) entwickelt hat. Auch die im Getreide einsetzbaren FOP- und DEN-Mittel (HRAC-Gruppe 1) zeigen bereits hochgradige Resistenzen gegen Ackerfuchsschwanz. Aus der Gruppe der ACCase Hemmer hat einzig das im Winter-raps einsetzbare DIM-Mittel Select 240 EC mit dem Wirkstoff Clethodim einen ausreichenden Wirkungsgrad von 98 % gegen Ackerfuchsschwanz. Aus der HRAC-Gruppe 15 erreicht das im Getreide zugelassene bodenaktive Herbizid Cadou mit dem Wirkstoff Flufenacet einen Wirkungsgrad von 95 %, wenn die volle Aufwandmenge von 0,5 l/ha (250 g/ha Flufenacet) verwendet wird.

Resistenzuntersuchungen 2021

Feld: Große Gehäusgraben
 Probe: 39347 Probenahme: 06.07.2021
 Unkraut: Ackerfuchsschwanz Resistenztest: 08.11.2021



Pos.	Gruppe		Herbizid	Wirkung
A		Kontrolle	unbehandelt	-
B	B1	275 g/ha	Broadway	20.0
C	B1	0.33 kg/ha	Atlantis Flex	30.0
D	B2	1.5 l/ha	Maister Power	50.0
E	A-DEN	1.2 l/ha	Axial 50	50.0
F	A-FOP	1.0 l/ha	Agil	70.0
G	A-DIM	0.5 l/ha	Select 240 Ec	98.0
H	A-FOP/DEN	1.2 l/ha	Traxos	70.0
I	A-DIM	2.5 l/ha	Focus Ultra	55.0
J	K3	0.3 l/ha	Cadou Sc	93.0
K	K3	0.5 l/ha	Cadou Sc	95.0

Abbildung 17: Ergebnis der Resistenzuntersuchung für den Schlag "Gehäußgraben groß"

Quelle: Agris42 (2022)

Auf dem Schlag „Gehäußgraben groß“ ist die Regulierung von Ackerfuchsschwanz durch den Einsatz von Herbiziden sehr stark eingeschränkt. Alle im Getreide einsetzbaren blattaktiven Wirkstoffe erzielen keine ausreichenden Wirkungsgrade mehr. Im Sommergetreide ist eine Bekämpfung mit Herbiziden praktisch nicht mehr möglich, da nur blattaktive Mittel eine Zulassung für die Regulierung von Ackerfuchsschwanz haben.

Im Wintergetreide erzielt der bodenaktive Wirkstoff Flufenacet aus der HRAC-Gruppe 15 eine ausreichende Wirkung. Erfahrungen aus der Praxis zeigen jedoch, dass diese unter Laborbedingungen nachgewiesenen hohen Wirkungsgrade von 95 % in der Praxis nicht erreicht werden. Eine Ursache könnte das verzettelte Auflaufen des Ackerfuchsschwanzes sein, da er in verschiedenen Tiefen liegt und zu unterschiedlichen Zeiten aus der Dormanz aufwacht. Für eine erfolgreiche Bekämpfung ist grundsätzlich auf optimale Bedingungen bei der Ausbringung des Wirkstoffs zu achten. Der Boden sollte ausreichend feucht und rückverfestigt sein.

Nur der DIM-Wirkstoff Clethodim hat auf dem Schlag noch eine sehr sichere Wirkung gegen Ackerfuchsschwanz und kann in den Kulturen Winterraps, Futtererbse und Ackerbohne eingesetzt werden.

Der Schwerpunkt bei der Bekämpfung von Ackerfuchsschwanz auf dem Schlag „Gehäußgraben groß“ liegt daher auf ackerbaulichen Maßnahmen. Bei der Stoppelbearbeitung sollte auf den mehrmaligen Einsatz eines Striegels und der anschließenden flachen Bearbeitung mit einem Grubber mit Gänsefußscharen gesetzt werden. So kann viel Ackerfuchsschwanzsamen immer wieder zum Auflaufen gebracht und anschließend wieder vernichtet werden. Der Einsatz eines Pfluges zur Bekämpfung von Ackerfuchsschwanz ist auf diesem Schlag nicht ratsam, da der Boden sehr flachgründig ist und ein vollständiges Wenden des Bodens und somit ein vollständiges Begraben des Ackerfuchsschwanzes nicht möglich ist.

Auf Grund des sehr hohen Besatzes mit Ackerfuchsschwanz, der bekannten Resistenzen und der hohen Ertragseinbußen wäre das Anlegen einer 3-jährigen Brache mit einem Klee gras-Gemisch eine denkbare Maßnahme, da diese den Besatz mit Ackerfuchsschwanzsamen im Boden jährlich um 70 % bis 80 % reduzieren kann (Moss, S. (2017)). Erfahrungsberichte aus Deutschland zeigen, dass sich der Besatz mit Ackerfuchsschwanz auf Flächen mit mehrjährigem Klee grasanbau deutlich reduziert. Aber schon im ersten Jahr nach der Brache ist der Besatz mit Ackerfuchsschwanz wieder sehr hoch, wenn Winterweizen angebaut wird (vgl. Abbildung 18).

Eine Ursache für den Anstieg des Besatzes mit Ackerfuchsschwanz könnte die fehlende Bodenbewegung während der Brache sein, durch die Samen immer wieder zum Keimen angeregt werden. Erst mit dem Umbruch wird tiefer im Boden befindlicher, immer noch keimfähiger Ackerfuchsschwanz wieder hervorgehoben, aus der sekundären Dormanz

geweckt und in Keimstimmung gebracht (Herrmann, J. (2022), Voßhenrich, H.-H. u. a. (2018) S. 101).

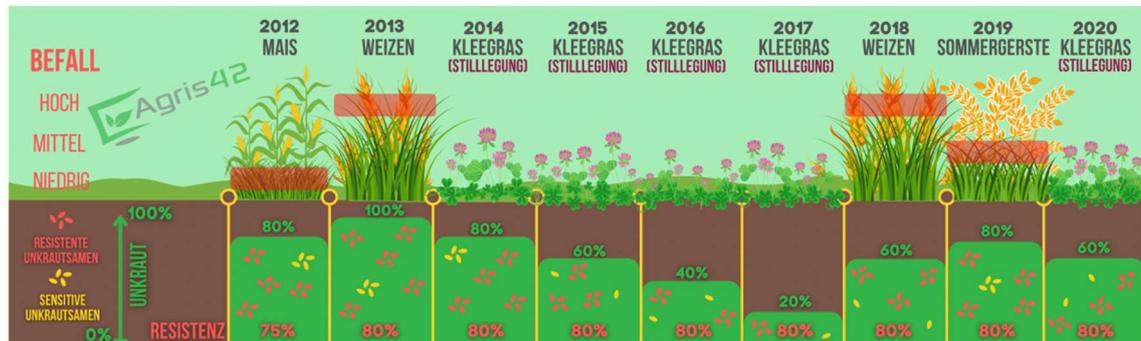


Abbildung 18: Einfluss der Kultur auf den Besatz mit Ackerfuchsschwanz in der Samenbank des Bodens

Quelle: Agris42 GmbH (o. J.)

Sinnvoller erscheint es daher für zwei bis drei Jahre Sommerkulturen auf dem Schlag „Gehäußgraben groß“ anzubauen. So kann auf Grund des langen Zeitfensters von der Ernte bis zum Frühjahr viel frisch ausgefallener Ackerfuchsschwanz nach dem Ende der primären Keimruhe und alter Ackerfuchsschwanz aus der sekundären Keimruhe auflaufen und wieder vernichtet werden. Wird im Frühjahr eine Blattfrucht anstelle einer Halmfrucht angebaut, ist auf dem Schlag „Gehäußgraben groß“ auf Grund der Resistenzsituation ein besseres Herbizidmanagement möglich. Die Ackerbohne stellt auf dem Standort dabei eine bessere Kultur als die Futtererbse dar, da der Boden sehr steinreich ist.

Für den Schlag „Gehäußgraben groß“ wird die in der Tabelle 2 dargestellte Fruchtfolge zur Bekämpfung von Ackerfuchsschwanz beschrieben. Zur Ernte 2022 befindet sich Winterdinkel auf dem Schlag. Im ersten Jahr werden Ackerbohnen, im zweiten Jahr Sommerdurum, im dritten Jahr Sommergerste und im vierten Jahr Winterraps angebaut.

Tabelle 2: Fruchtfolge für den Schlag "Gehäußgraben groß"

Quelle: eigene Erhebung

Jahr 0	Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4
Winterdinkel	Ackerbohne	Sommerdurum	Sommergerste	Winterraps

Die untenstehenden Maßnahmen zur Bestandesführung beschreiben eine mögliche Bekämpfungsstrategie von Ackerfuchsschwanz.

5.1.1 Fruchtfolgeglied 1 - Ackerbohnen

Nach der Ernte des Winterdinkels wird die Stoppel für etwa 3 Wochen liegen gelassen. In dieser Zeit kann Ackerfuchsschwanz durch ineffektive Keimung vernichtet werden oder Prädatoren zum Opfer fallen. Anschließend wird durch mehrmaliges flaches Striegeln frisch ausgefallener und alter Ackerfuchsschwanz zum Keimen angeregt und mit einer erneuten Bodenbearbeitung wieder entfernt. Die nachfolgende tiefere Bodenbearbeitung und Saatbettbereitung kann mit einem Grubber mit Gänsefußscharen erfolgen. Sollte eine noch tiefere Bodenbearbeitung notwendig sein, um Verdichtungen und Strukturschäden des Bodens zu vermeiden, sollte dies mit einem Grubber mit wenig mischenden Schmalscharen geschehen.

Ackerfuchsschwanz kann bis in das Frühjahr hinein auflaufen und wird vor der Aussaat der Ackerbohnen mit Glyphosat vernichtet. Die Aussaat der Ackerbohnen kann bereits Ende Februar, auch bei leichtem Bodenfrost, mit einer Saatstärke von 45 Körnern/m² bis 55 Körnern/m², in einer Tiefe von 6 cm bis 8 cm mit möglichst wenig Bodenbewegung erfolgen. Wichtiger als ein früher Aussaattermin ist, dass der Boden gut abgetrocknet ist und die Aussaat unter guten Bedingungen erfolgt, da Ackerbohnen empfindlich auf Nässe und Bodenverdichtungen reagieren (Sauer mann, W.; u. a. (2016)).

Ackerfuchsschwanz, der durch die Bodenbewegung bei der Aussaat der Ackerbohnen zum Keimen angeregt wurde, kann durch die bodenaktiven Wirkstoffe Prosulfocarb aus der HRAC-Gruppe 15 und Aclonifen aus der HRAC-Gruppe 32 im Voraufbau und zu einem späteren Zeitpunkt mit dem blattaktiven Wirkstoff Clethodim aus der HRAC-Gruppe 1 bekämpft werden. Mit dem Wirkstoff Clethodim können auf dem Schlag „Gehäußgraben groß“ noch Wirkungsgrade bis zu 98 % erzielt werden. Die Wirkungsgrade von Prosulfocarb und Aclonifen wurden bei der Resistenzuntersuchung nicht getestet.

Mit dem Anbau von Ackerbohnen können alle drei der oben aufgeführten Ziele zur Bekämpfung von Ackerfuchsschwanz erreicht werden. Durch das wiederholte flache Striegeln, die Bereitung eines Scheinsaatbettes und die Anwendung von Glyphosat gelangt frisch ausgefallener Ackerfuchsschwanz nicht tiefer in die Samenbank des Bodens

und alter Ackerfuchsschwanzsamen kann aus der Samenbank des Bodens abgebaut werden. Mit der Aussaat im Frühjahr wird viel Ackerfuchsschwanz vor der Saat der Kultur vernichtet, da die Masse der Ackerfuchsschwanzsamen im Herbst aufläuft. Des Weiteren findet mit dem Wirkstoff Clethodim ein hoch wirksames Mittel gegen Ackerfuchsschwanz Verwendung.

5.1.2 Fruchtfolgeglied 2 - Sommerdurum nach Zwischenfrucht

Ackerbohnen hinterlassen in der Regel einen sehr garen Boden. Daher bietet es sich an, wenig in den Boden einzugreifen. Durch mehrfaches Striegeln können immer wieder neue Auflaufwellen von frisch ausgefallenem und altem Ackerfuchsschwanz hervorgerufen werden. Die Saatbettbereitung erfolgt im Anschluss mit einem Flachgrubber.

Aufgrund von Änderungen in der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) müssen die Ackerflächen voraussichtlich in einem Zeitraum vom 01.12. bis 15.01. eine Mindestbodenbedeckung aufweisen. Daher wird Anfang September eine Zwischenfrucht, entsprechend dem englischen Lamport-System bestehend aus einem Gemisch aus Rauhafer und Alexandrinerklee, mit einer Stärke von 70 bis 75 Pflanzen/m² ausgesät. Da im Frühjahr 2024 der Einsatz von Glyphosat voraussichtlich nicht mehr erlaubt ist, muss der Aufwuchs vor der Aussaat des Sommerdurums mechanisch vernichtet werden. Im Februar wird möglichst bei Frost die Zwischenfrucht und der aufgelaufene Ackerfuchsschwanz mit Hilfe eines Mulchers oder einer Walze zerkleinert und anschließend mit einer Kurzscheibenegge umgebrochen. Eine weitere flache Bodenbearbeitung und die Saatbettbereitung können Anfang März erfolgen, um die abgestorbenen Zwischenfrüchte einzuarbeiten und bereits aufgelaufenen Ackerfuchsschwanz abzutöten. Im Anschluss wird im März, wenn der Boden befahrbar ist, der Sommerdurum mit geringer Bodenbewegung eingeschlitzt.

Herbizidmaßnahmen sind beim Anbau von Sommergetreide nur sehr eingeschränkt möglich. Zugelassen ist der blattaktive Wirkstoff Pinoxaden aus der HRAC-Gruppe 1. Bei einem Wirkungsgrad von 50 % auf der betrachteten Fläche ist der Erfolg seines Einsatzes jedoch fragwürdig.

Im Fruchtfolgeglied 2 wird durch die mehrmalige flache Bodenbearbeitung viel frischer und alter Ackerfuchsschwanz zum Keimen angeregt und vernichtet. Des Weiteren wird durch die sehr dünne Aussaat der Zwischenfrucht Anfang September das Auflaufen von

Ackerfuchsschwanz gefördert und der Vorrat in der Samenbank weiter reduziert. Das dritte Ziel, möglichst viel Ackerfuchsschwanz vor der Aussaat der Kultur zum Auflaufen zu bringen, wird nur teilweise umgesetzt. Zwar kann durch die Aussaat im Frühjahr erreicht werden, dass der größte Teil der Ackerfuchsschwanzsamen bereits aufgelaufen ist, aber durch das voraussichtliche Glyphosatverbot wird eine mehrmalige Bodenbearbeitung zur Vernichtung des Aufwuchses der Zwischenfrucht notwendig. Der Boden wird dadurch bewegt und Ackerfuchsschwanz wieder in Keimlage gebracht. Dieser kann dann in der Kultur auflaufen.

5.1.3 Fruchtfolgeglied 3 - Sommergerste nach Zwischenfrucht

Die Vorgehensweise für das Fruchtfolgeglied drei entspricht der obenstehenden Beschreibung für das Fruchtfolgeglied zwei. Es werden dieselben Maßnahmen durchgeführt und die gleichen Ziele erreicht.

5.1.4 Fruchtfolgeglied 4 - Winterraps

Nach der Ernte der Sommergerste erfolgt eine sorgfältige zunehmend tiefere Stroheinbearbeitung und letztlich die Saatbettbereitung, die mit Zinkengeräten besser gelingt als mit Scheibenwerkzeugen (N.U. Agrar (2021)). Es ist darauf zu achten, dass ein feinkrümeliges Saatbett für ein optimales Auflaufen des Winterraps hergestellt wird. Mitte bis Ende August wird der Winterraps gedrillt.

Nach dem Auflaufen erfolgt eine Herbizidmaßnahme mit den bodenwirksamen Stoffen Metazachlor und Dimethenamid-P aus der HRAC-Gruppe 15, was in der Regel nicht ausreicht, den Ackerfuchsschwanz vollständig zu entfernen, sondern bestenfalls, um ihn vorzuschädigen. Hohe Wirkungsgrade beim Einsatz von Bodenherbiziden werden schon deshalb nicht erreicht, weil der Boden selten ausreichend feucht oder perfekt rückverfestigt ist. Daher muss eine Nachbehandlung mit dem blattaktiven Wirkstoff Clethodim aus der HRAC-Gruppe 1 erfolgen. Gemäß der durchgeführten Resistenzuntersuchung werden Wirkungsgrade bis zu 98 % auf dem Schlag „Gehäußgraben groß“ erzielt. Zusätzlich sollte zum Vegetationsende eine weitere dritte Maßnahme mit dem Wirkstoff Propyzamid aus der HRAC-Gruppe 3 durchgeführt werden. Bei diesem bodenwirksamen Herbizid ist auch wieder besonders auf die Bedingungen zum Zeitpunkt der Aufbringung zu achten. Um die Verflüchtigungsgefahr zu verringern, sollten die Tempera-

turen unter 10 °C liegen. Des Weiteren gelangt der Wirkstoff nur bei ausreichenden Niederschlägen nach der Applikation in den Wurzelbereich des Ackerfuchsschwanzes.

Da der Winterraps bereits im August ausgesät wird, werden die oben aufgeführten Ziele, die Samenbank nicht mit frischem Ackerfuchsschwanz aufzufüllen, den Besatz mit altem Ackerfuchsschwanz im Boden zu reduzieren und möglichst viel Ackerfuchsschwanz vor dem Auflaufen der Kultur zu vernichten, nicht erreicht. Jedoch ist Winterraps sehr konkurrenzstark gegenüber Ackerfuchsschwanz. Bei einer homogenen Jugendentwicklung ist der Boden schnell und umfangreich bedeckt. So werden kleinere Ackerfuchsschwanzpflanzen unterdrückt und spätere Auflaufwellen verhindert. Dies führt dazu, dass die Bildung von neuen Ackerfuchsschwanzsamen im folgenden Frühjahr gebremst wird.

Winterraps stellt ein wichtiges Fruchtfolgeglied bei der Bekämpfung von Ackerfuchsschwanz dar, da ein Wechsel der Wirkstoffe gegenüber der im Getreide eingesetzten Herbizide erfolgt. Insbesondere verspricht der Einsatz des blattaktiven Wirkstoffes Clethodim (HRAC-Gruppe 3) hohe Bekämpfungserfolge.

Jedoch ist eine Sanierung von Flächen, die mit Ackerfuchsschwanz befallen sind, schwierig, wenn bereits Resistenzen gegenüber blattaktiven Herbiziden vorhanden sind. Zwischen dem Einsatz der Bodenherbizide im Nachauflauf im August und dem Einsatz des Wirkstoffes Propyzamid (HRAC-Gruppe 3) zu Vegetationsende liegt eine lange Bekämpfungslücke, in der sich Ackerfuchsschwanz gut entwickeln kann, wenn der Rapsbestand dünn ist.

5.2 Standort „Harstallsteich“

Der Schlag „Harstallsteich“ befindet sich in einer Flussaue auf einer mittleren Höhe von 220 m über dem Meeresspiegel. Der Bodentyp ist eine Vega aus Auenlehm und -sand, die durch Überschwemmungen entstanden ist. Die Bodenwertzahl liegt bei 70 Bodenwertpunkten.

Auf dem Schlag findet man Vernässungsstellen mit großen Ackerfuchsschwanznestern, die jedoch zum jetzigen Zeitpunkt noch keine Ertragsminderungen erkennen lassen. Wie in der Tabelle 3 zu sehen ist, wurden in den vergangenen Jahren Erträge erzielt, die im Betriebsmittel liegen oder nur leicht über- bzw. unterdurchschnittlich sind.

Tabelle 3: Erträge auf dem Schlag "Gehäußgraben groß" in den Jahren 2016 -2021

Quelle: eigene Erhebung

Erntejahr	Fruchtart	Ertrag „Harstallsteich“ [dt/ha]	Mittlerer Ertrag [dt/ha]	Abweichung [%]
2016	Winterraps	44,6	43,43	6,0
2017	Winterdinkel	84,3	72,14	5,1
2018	Winterweizen E	51,6	62,29	35,8
2019	Winterraps	32,5	33,97	33,0
2020	Winterweizen E	87,6	73,38	28,3
2021	Winterweizen AB	80,7	80,26	47,1

Die Ergebnisse der Resistenzuntersuchungen aus dem Sommer 2021 zeigen für den Schlag „Harstallsteich“ ein ähnliches Bild wie für den oben beschriebenen Schlag „Gehäußgraben groß“ und sind in der Abbildung 19 dargestellt. Die im Getreide anwendbaren ALS-Hemmer (HRAC-Gruppe 2) sind mit einem Wirkungsgrad von 20 % praktisch wirkungslos. Bei den ACCase-Hemmern (HRAC-Gruppe 1) ist bereits eine beginnende Resistenz zu erkennen. Das im Getreide einsetzbare Mittel Axial 50 mit dem enthaltenen ACCase-Hemmer Pinoxaden erzielt nur noch einen Wirkungsgrad von 65 %. Das Mittel Traxos hingegen, welches zusätzlich zum Wirkstoff Pinoxaden den Wirkstoff Clodinafop beinhaltet, erzielt mit 87,5 % eine deutlich höhere Wirkung. Des Weiteren wirken Mittel mit dem Bodenwirkstoff Flufenacet nach wie vor sehr gut. Im Raps hat das DIM-Mittel Select 240 mit dem Wirkstoff Clethodim sogar noch einen Wirkungsgrad von 98 %.

Resistenzuntersuchungen 2021

Feld: Harstallsteich
Probe: 39349 **Probenahme:** 06.07.2021
Unkraut: Ackerfuchsschwanz **Resistenztest:** 08.11.2021



Pos.	Gruppe		Herbizid	Wirkung
A		Kontrolle	unbehandelt	-
B	B1	275 g/ha	Broadway	20.0
C	B1	0.33 kg/ha	Atlantis Flex	20.0
D	B2	1.5 l/ha	Maister Power	75.0
E	A-DEN	1.2 l/ha	Axial 50	65.0
F	A-FOP	1.0 l/ha	Agil	95.0
G	A-DIM	0.5 l/ha	Select 240 Ec	98.0
H	A-FOP/DEN	1.2 l/ha	Traxos	87.5
I	A-DIM	2.5 l/ha	Focus Ultra	75.0
J	K3	0.3 l/ha	Cadou Sc	82.5
K	K3	0.5 l/ha	Cadou Sc	92.5

Abbildung 19: Ergebnis der Resistenzuntersuchung für den Schlag "Harstallsteich"

Quelle: Agris42 (2022)

Auch auf dem Schlag „Harstallsteich“ sind die chemischen Bekämpfungsmöglichkeiten von Ackerfuchsschwanz auf Grund der fast vollständigen Resistenz gegen die Mittel der HRAC-Gruppe 2 und der beginnenden Resistenz gegen die Mittel der HRAC-Gruppe 1 eingeschränkt. Um die Ausbreitung von Ackerfuchsschwanz zu unterbinden, ist auch hier ein größeres Augenmerk auf ackerbauliche Maßnahmen zu legen.

Die Bodenbedingungen sind auf dem Standort „Harstallsteich“ für den Einsatz eines Pfluges sehr gut geeignet. Ackerfuchsschwanzsamen, der sich durch die 30jährige reduzierte Bodenbearbeitung vorwiegend in der oberen Bodenschicht befindet, kann durch das Pflügen in tiefere Bodenschichten verlagert werden, aus der der Ackerfuchsschwanz nicht in der Lage ist aufzulaufen. Wird der Pflug dann nur höchstens alle 4 bis 5 Jahre eingesetzt, verliert ein Großteil der in den tiefer liegenden Bodenschichten befindlichen Ackerfuchsschwanzsamen seine Keimfähigkeit. Im Jahr des Pflugeinsatzes läuft in der Regel deutlich weniger Ackerfuchsschwanz in der Kultur auf, da sich dann kaum keimfähiger Ackerfuchsschwanz in der oberen Bodenschicht befindet.

Als weitere ackerbauliche Maßnahme wird auf dem Schlag „Harstallsteich“ die Spätsaat vorgeschlagen, durch welche ausreichende Zeit vorhanden ist, auflaufenden Ackerfuchsschwanz zur Keimung anzuregen und vor der Saat mechanisch zu bekämpfen.

Eine ackerbauliche Notmaßnahme zur Bekämpfung von Ackerfuchsschwanz ist die Vernichtung der Ackerfuchsschwanzpflanzen einschließlich der Kultur durch das Mulchen von Teilflächen bevor die Samen reif sind und ausfallen. Diese Maßnahme bietet sich auf Schlägen an, die nur einen nesterweisen Besatz mit Ackerfuchsschwanz aufweisen, wenn im Frühjahr festgestellt wird, dass der Herbizideinsatz nicht die erwartete Wirkung erzielt hat. Auch wenn auf diesen Teilflächen ein Totalausfall entsteht, kann so effektiv verhindert werden, dass zunehmend resistente Ackerfuchsschwanzsamen in die Samenbank des Bodens gelangen.

Für den Schlag „Harstallsteich“ wird die in der Tabelle 4 dargestellte Fruchtfolge diskutiert. Zur Ernte 2022 befindet sich Stoppelweizen auf dem Schlag. Als erste Kultur wird Winterrraps angebaut. Im folgenden Jahr erfolgt eine späte Aussaat von Winterweizen Ende Oktober. Anschließend werden Ackerbohnen angebaut, gefolgt von Winterweizen und Winterdinkel, die spät gesät werden. Vor der Aussaat des Winterdinkels im Jahr 2026 kommt der Pflug zum Einsatz.

Tabelle 4: Fruchtfolge "Harstallsteich"

Quelle: eigene Erhebung

Jahr 0	Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4	Jahr 5
Winterweizen	Winterrraps	Winterweizen	Ackerbohne	Winterweizen	Winterdinkel

5.2.1 Fruchtfolgeglied 1 - Winterraps

Die möglichen Maßnahmen für die Reduzierung von Ackerfuchsschwanz beim Anbau von Winterraps nach einer Getreidevorfrucht wurden bereits für den Schlag „Gehäußgraben groß“ unter dem Punkt „5.1.4 Fruchtfolgeglied 4 - Winterraps“ beschrieben und können für den Schlag „Harstallsteich“ übernommen werden.

5.2.2 Fruchtfolgeglied 2 - Winterweizen

Die Empfehlungen zur Stoppelbearbeitung nach der Ernte von Winterraps stimmen gut mit denen zur Bekämpfung von Ackerfuchsschwanz überein. Für die Bekämpfung von Ackerfuchsschwanz und Auflaufrops ist es förderlich, unmittelbar nach der Ernte auf jegliche Bodenbearbeitung zu verzichten. Die Samen des Rapses und des Ackerfuchsschwanzes fallen bei einer zu tiefen Bearbeitung in eine Dormanz und laufen erst im folgenden Jahr auf.

Daher sollten nach der Ernte die Stoppeln als erstes mit einem Mulcher zerkleinert werden. Im Anschluss können mehrere flache Arbeitsgänge mit einem Striegel erfolgen. Mit jedem Striegelgang wird aufgelaufener Ackerfuchsschwanz und Raps herausgerissen bzw. vernichtet und weitere Samen zur Keimung angeregt. Da Winterraps durch die lange Vegetationszeit und sein gut ausgebildetes Wurzelsystem in der Regel eine gute Bodenstruktur hinterlässt, ist eine tiefe Lockerung in der Regel nicht notwendig. So kann mit einem Flachgrubber mit Gänsefußscharen oder einer Kurzscheibenegge ein feinkrümeliges Saatbett für den Winterweizen vorbereitet werden.

Die Aussaat des Winterweizens erfolgt möglichst spät, Ende Oktober. Vor dem Auflaufen des Winterweizens erfolgt eine Herbizidmaßnahme mit den Wirkstoffen Flufenacet und Prosulfocarb aus der HRAC-Gruppe 15. Da auf dem Schlag bereits beginnende Resistenzen gegen die blattaktiven Wirkstoffe der ACCase-Hemmer (HRAC-Gruppe 1) zu verzeichnen sind, ist auf eine besonders gute Wirkung der bodenaktiven Mittel zu achten. Hohe Wirkungsgrade können bei feuchten Bodenbedingungen und dem Vorhandensein eines feinkrümeligen und gut rückverfestigten Saatbettes erreicht werden. Durch den Einsatz einer Walze können beim Wirkstoff Flufenacet die im Labor unter optimalen Bedingungen ermittelten Wirkungsgrade von 92 % möglich sein. Die Zugabe von Prosulfocarb verbessert die Wirkung von Flufenacet.

Der durch die Bodenherbizide vorgeschädigte Ackerfuchsschwanz sollte kurz vor Vegetationsende mit den Wirkstoffen Pinoxaden und Clodinafop aus der HRAC-Gruppe 1 behandelt werden. Da es dem Ackerfuchsschwanz erheblich schwerer fällt, den Wirkstoff unter kühlen Bedingungen abzubauen, werden mit dieser Maßnahme zum Teil hohe Wirkungsgrade erzielt.

Eine weitere Herbizidmaßnahme im Frühjahr ist nicht empfehlenswert, da alle Wirkstoffe der HRAC-Gruppe 2 resistenzbedingt weggefallen sind und eine wiederholte Anwendung der ACCase-Hemmer die Resistenzentwicklung fördern würde.

So können in diesem Fruchtfolgeglied die durchgeführten Maßnahmen einen Beitrag zur Erfüllung der oben genannten Ziele leisten. Mit der mehrmaligen flachen Stoppelbearbeitung wird viel frischer und alter Ackerfuchsschwanzsamen in Auflaufwellen zum Keimen angeregt und vernichtet. Der Samenvorrat im Boden wird reduziert. Durch die späte Aussaat des Winterweizens läuft biologisch bedingt weniger Ackerfuchsschwanz in der Kultur auf. Des Weiteren werden vier verschiedene Wirkstoffe aus drei HRAC-Gruppen verwendet, um den Ackerfuchsschwanz in der Kultur zu bekämpfen.

5.2.3 Fruchtfolgeglied 3 - Ackerbohnen

Im Punkt „5.1.1 Fruchtfolgeglied 1 - Ackerbohnen“ wird der Anbau von Ackerbohnen auf dem Schlag „Gehäußgraben groß“ beschrieben, um einen Beitrag zur Reduktion von Ackerfuchsschwanz zu leisten. Diese können grundsätzlich für den Schlag „Harstallsteich“ übernommen werden. Es muss jedoch beachtet werden, dass mit der Einführung des GAP-Konditionalitäten-Gesetzes eine Mindestbodenbedeckung im Zeitraum vom 01.12. bis 15.01. vorgeschrieben ist. Somit muss, wie im Punkt „5.1.2 Fruchtfolgeglied 2 - Sommerdurum nach Zwischenfrucht“ erläutert eine Zwischenfrucht angebaut werden.

5.2.4 Fruchtfolgeglied 4 - Winterweizen

Mögliche Maßnahmen im Winterweizen, die das Ziel haben, den Besatz mit Ackerfuchsschwanz auf der Fläche zu reduzieren, wurden im Fruchtfolgeglied 2 erläutert und können in der gleichen Weise übernommen werden.

5.2.5 Fruchtfolgeglied 5 - Winterdinkel

Nach der Ernte des Winterweizens wird die Stoppel, wie bereits mehrfach beschrieben, für zwei bis drei Wochen liegen gelassen und danach mehrmals flach mit einem Striegel und einem Flachgrubber bearbeitet. Im Anschluss wird der Pflug für eine tiefe wendende Bodenbearbeitung eingesetzt. Dadurch werden Ackerfuchsschwanzsamen, die sich in der obersten Bodenschicht befinden in tieferen Bodenschichten vergraben. Ackerfuchsschwanzsamen, die aus der tieferen Bodenschicht wieder in Keimlage gebracht wurden und noch keimfähig sind, werden durch nachfolgende wiederholte flache Bodenbearbeitungen mit dem Flachgrubber vernichtet.

Die Aussaat des Winterdinkels erfolgt Ende Oktober. Das Herbizidmanagement ist ähnlich dem des Winterweizens. Anstelle des Wirkstoffes Prosulfocarb aus der HRAC-Gruppe 15, kann neben dem Wirkstoff Flufenacet der Wirkstoff Pendimethalin aus der HRAC-Gruppe 3 verwendet werden. Dieser wenig resistenzgefährdete Zellwachstumshemmer verstärkt ebenfalls die Wirkung von Flufenacet. Kurz vor Vegetationsende sollte auch im Winterdinkel eine weitere Maßnahme erfolgen. Da der im Weizen verwendete Wirkstoff Clodinafop im Dinkel nicht zulässig ist, kann der Wirkstoff Pinoxaden nur solo eingesetzt werden, um den noch kleinen Ackerfuchsschwanz im Herbst zu reduzieren.

Auch in diesem Fruchtfolgeglied können die oben genannten Ziele erreicht werden. Durch das lange liegen lassen der Stoppel und die folgende mehrmalige flache Bearbeitung fällt frischer Ackerfuchsschwanzsamen nicht in die Samenbank. Alter Ackerfuchsschwanzsamen wird durch die mehrmalige Bodenbearbeitung in Keimstimmung gebracht und vernichtet. Letztlich wird der Ackerfuchsschwanz, durch das Pflügen in tiefere Bodenschichten verlegt und kann von dort nicht mehr auflaufen. Weiterhin ist Winterdinkel durch eine sehr gute Frühentwicklung gekennzeichnet. Er verfügt auf Grund des breiten Blattapparates über eine gute Konkurrenzkraft und kann Ackerfuchsschwanz sehr gut unterdrücken.

5.3 Kontrolle der Maßnahmen

Die oben beschriebenen Strategien für die Schläge „Gehäußgraben groß“ und „Harstallsteich“ beinhalten Maßnahmen zur Bekämpfung von Ackerfuchsschwanz, die sich bei Versuchen verschiedener Institutionen als sehr wirkungsvoll erwiesen haben.

Um den Erfolg der Maßnahmen überprüfen zu können, ist es empfehlenswert, den Besatz mit Ackerfuchsschwanz jährlich zu dokumentieren und zu kartieren.

Der Besatz mit Ackerfuchsschwanz kann gut im Frühsommer erfasst werden, wenn die Ähren über dem Getreide sichtbar sind. Die einfachste Variante ist, die Gebiete auf einer analogen Karte zu markieren und die Anzahl der Ähren pro Quadratmeter zu zählen. Erfolgt die Datenerfassung digital, zum Beispiel durch die Aufnahme von Bildern mit einer Drohne oder indem die Nester mit Ackerfuchsschwanz abgegangen werden und die Geometrie durch eine Mapping-Software erfasst wird, können die gewonnenen Daten für die Erstellung von Applikationskarten für einen gezielten Herbizideinsatz verwendet werden (Bayer Crop Science (2020)).

Wie beschrieben kann die richtige Strategie für eine erfolgreiche Bekämpfung von Ackerfuchsschwanz für jeden Schlag sehr individuell sein und muss den jeweiligen Verhältnissen angepasst werden. Die Maßnahmen sollten kontinuierlich kontrolliert, überprüft, und angepasst werden. Dabei sollte dem Landwirt bewusst sein, dass nicht-chemische Maßnahmen im Vergleich zu Herbizidmaßnahmen häufig komplexer und zeitaufwendiger sind sowie einer größeren Variabilität unterliegen. Des Weiteren sind die positiven Effekte ackerbaulicher Maßnahmen weniger vorhersehbar und deutliche Verbesserungen sind in der Regel nicht schon nach ein bis zwei Jahren sichtbar (Moss, S. (2017)).

Daher sind eine kontinuierliche Dokumentation, Überprüfung und Bewertung der Ergebnisse der durchgeführten Maßnahmen sowie eine Anpassung der Strategie ein wesentlicher Bestandteil einer erfolgreichen Bekämpfung von Ackerfuchsschwanz.

5.4 Feld- und Feldrandhygiene

Maßnahmen zur Feld- und Feldrandhygiene bilden zusätzlich einen wichtigen Baustein, um die Verbreitung von Ackerfuchsschwanz auf weitere Flächen des Betriebes zu verhindern.

Zu den Maßnahmen der Feldhygiene gehört, dass ggf. die am stärksten mit Ackerfuchsschwanz befallenen Flächen zuletzt gedroschen und bearbeitet werden. Wenn möglich, sollten insbesondere die Erntemaschinen, Bodenbearbeitungsgeräte und die Saattechnik regelmäßig gereinigt werden. Des Weiteren sollte auf sauberes Saatgut geachtet werden, um die Unkrautsamen nicht über den gesamten Betrieb zu verteilen.

Pflegemaßnahmen zur Feldrandhygiene dienen dazu, das Einwandern von Unkräutern und Ungräsern vom Feldrain in die Fläche zu verhindern. Die Feldränder werden dafür frühzeitig in einer Höhe von 10 cm bis 15 cm gemulcht, wodurch das Aussamen unerwünschter Pflanzen unterbunden wird.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist es, bei Herbizidmaßnahmen darauf zu achten, dass die Wirkstoffe auch am Feldrand auf den Boden bzw. die Pflanzen gelangen. Durch zuschaltbare Düsen am Rand des Gestänges der Pflanzenschutzspritzen kann gewährleistet werden, dass sich die Spritzkegel der äußeren Düsen ausreichend überlappen. Auch müssen die von der Ausbringsoftware verwendeten digitalen Schlaggrenzen und Leitspuren mit der Wirklichkeit übereinstimmen. Abweichungen können, wie in der Abbildung 20 dargestellt, zu unbehandelten Streifen führen, auf denen eine Ernte auf Grund der hohen Verunkrautung und der schlecht versorgten Kulturpflanzen praktisch nicht möglich erscheint.

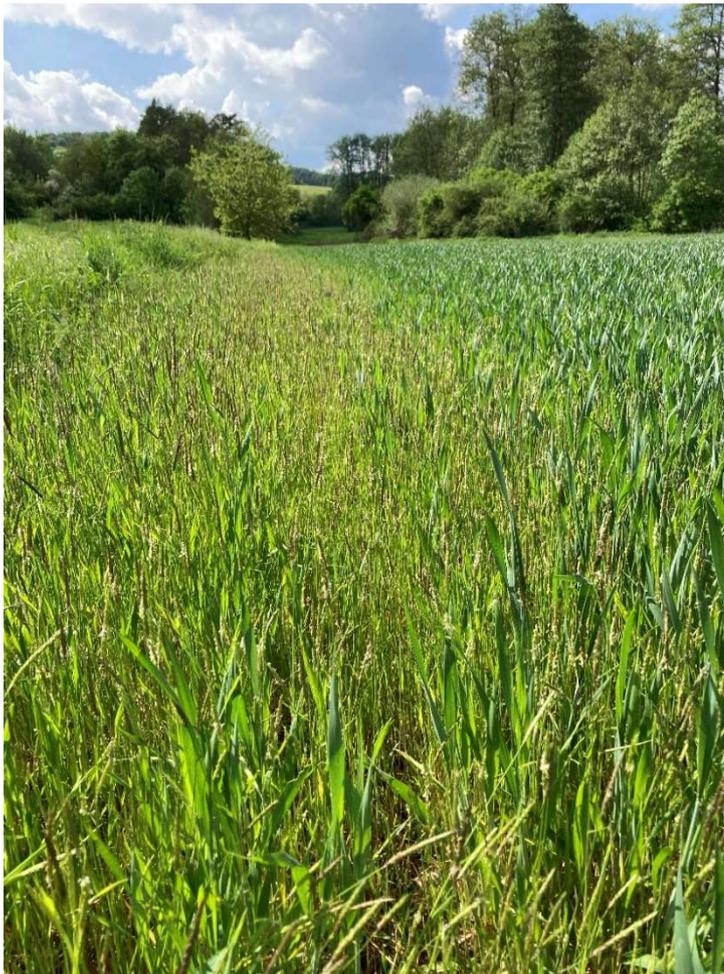


Abbildung 20: Einfluss schlechter Feldrandhygiene auf Besatz mit Ackerfuchsschwanz

Quelle: eigenes Foto

6 Zusammenfassung

Ackerfuchsschwanz hat sich an vielen Standorten in Deutschland, die Böden mit einem hohen bis sehr hohen Tongehalt aufweisen, zu einem Problemungras entwickelt und verursacht hohe Ertragsausfälle. Er ist hervorragend an die bestehenden Anbauverhältnisse angepasst und hat Resistenzen gegenüber einer Vielzahl von Herbiziden entwickelt.

Als Hauptursache für die zunehmenden Probleme mit Ackerfuchsschwanz werden die nachfolgenden vier Punkte angesehen (Moss, S. (2017)):

1. Häufigere Aussaat im Herbst, insbesondere von Wintergetreide und Winterraps
2. Trend zu früheren Aussaatterminen im Herbst
3. Mehr Minimalbodenbearbeitung und weniger Pflugeinsatz
4. Verbreitete Herbizidresistenzen

Der Ackerfuchsschwanz kann effizient dadurch bekämpft werden, indem genau gegenteilig zu den oben aufgelisteten Hauptursachen vorgegangen wird. Da etwa 80 % der Ackerfuchsschwanzsamen im Herbst keimen, ist die Zahl der Samen, die im Frühjahr mit der Sommerkultur auflaufen, wesentlich geringer als im Herbst. Dementsprechend fällt auch der Besatz mit Ackerfuchsschwanz bei Sommerkulturen wesentlich geringer aus. Beim Anbau von Sommerungen bleibt bis zur Aussaat der Kultur im Frühjahr ausreichend lange Zeit, viel Ackerfuchsschwanz durch mehrmaliges flaches Striegeln zum Auflaufen zu bringen und anschließend wieder zu vernichten. Es kann so verhindert werden, dass frisch ausgefallener Ackerfuchsschwanz in die Samenbank des Bodens gelangt. Zusätzlich wird alter Ackerfuchsschwanzsamen aus der Samenbank abgebaut.

Da ein Großteil der im Herbst auflaufenden Ackerfuchsschwanzsamen im September keimen, kann durch eine Spätsaat Ende Oktober die Anzahl der Ackerfuchsschwanzsamen, die in der Kultur auflaufen deutlich reduziert werden. Daneben erlaubt auch bei der Spätaussaat der Zeitfaktor eine ausgiebige mechanische Bekämpfung von Ackerfuchsschwanz, indem der Boden mehrmals flach bearbeitet wird. Des Weiteren zeigt eine Spätsaat häufig positive Effekte auf den Einsatz von Bodenherbiziden, da diese unter feuchten und kühlen Bedingungen besser wirken.

Da Ackerfuchsschwanz aus einer Tiefe von 2 cm bis 5 cm aufläuft und in der Regel bis zu 5 Jahren keimfähig ist, kann Ackerfuchsschwanz mit dem regelmäßigen Einsatz eines Pfluges etwa alle vier bis fünf Jahre reguliert werden. Samen, die sich in der obersten Bodenschicht befinden, werden durch den Pflug in etwa 20 cm Tiefe vergraben. Sie können aus dieser Tiefe nicht auflaufen und verlieren im Laufe der Jahre ihre Keimfähigkeit. Die Zahl der Samen in der Samenbank wird reduziert.

Da resistenter Ackerfuchsschwanz Unempfindlichkeiten gegenüber vielen Herbiziden entwickelt hat, insbesondere gegenüber ACCase- und ALS-Hemmer, ist ein größeres Augenmerk auf nicht-chemische Regulierungsmethoden zu legen. Auch wenn der Einsatz von Herbiziden auf den ersten Blick kostengünstiger, weniger arbeitszeitintensiv und vor allem zuverlässiger erscheint, ist es empfehlenswert, einen integrierten Ansatz als Kombination aller Möglichkeiten zu wählen, um langfristig erfolgreich Ackerbau betreiben zu können. Herbizide spielen dabei weiterhin eine bedeutende Rolle, vorausgesetzt, dass durch ein wirkungsvolles Management Resistenzen vorgebeugt werden.

Die Zielstellung dieser Arbeit lag in der Erarbeitung eines Sanierungskonzeptes für einen Standort mit resistentem Ackerfuchsschwanz. Am Beispiel von zwei Schlägen wurden die oben aufgeführten Strategien diskutiert und erörtert, inwieweit sie auf dem Schlag angewendet werden können, um zu einer Verringerung von Ackerfuchsschwanzsamen in der Samenbank des Bodens und einer langfristigen Reduzierung des Besatzes mit Ackerfuchsschwanz beitragen können.

Um den Erfolg der Maßnahmen zu prüfen, sollte der Besatz mit Ackerfuchsschwanz jährlich dokumentiert werden. Es können so die effektivsten Maßnahmen identifiziert werden und ggf. Anpassungen vorgenommen werden.

7 Literaturverzeichnis

- Agris42 GmbH (Hrsg.) (2022): *Resistenz-Check Landwirtschafts GmbH Ifta*. Agris42, Stuttgart.
- Agris42 GmbH (o. J.): *Ackerfuchsschwanz: Möglichkeiten der nicht-chemischen Bekämpfungsmaßnahmen und deren Probleme*, URL: <https://agris42.de/nicht-chemischen-bekaempfungsmassnahmen-ackerfuchsschwanz/>, Datum des Zugriffs: 09.04.2022.
- AHDB (Hrsg.) (2022): *Arable weeds: Basic black-grass biology*, URL: <https://ahdb.org.uk/knowledge-library/arable-weeds-basic-black-grass-biology>, Datum des Zugriffs: 10.04.2022.
- Allison, R. (2015): *How cover crop choice is crucial when tackling blackgrass*, URL: <https://www.fwi.co.uk/arable/cover-crop-choice-crucial-tackling-blackgrass>, Datum des Zugriffs: 26.03.2022.
- Augustin, B.; Hüsgen, K. (2018): *Effektivität von Propyzamid als Maßnahme zur Minderung des Selektionsdruckes auf ACCase-Hemmer bei Ackerfuchsschwanz im Winterraps*. In: Nordmeyer, H.; Ulber, L. (Hrsg.): *Tagungsband - 28. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung*. Braunschweig: Julius-Kühn-Institut, S. 76 - 81.
- BASF (2020): *Ackerfuchsschwanz in Raps erfolgreich bekämpfen*, URL: <https://www.agrar.basf.de/de/Kulturen/Raps/Ackerfuchsschwanz-in-Raps-erfolgreich-bekaempfen/>, Datum des Zugriffs: 21.05.2022.
- Bayer CropScience (2020): *Guide to mapping black-grass*, URL: <https://cropscience.bayer.co.uk/blog/articles/2020/07/guide-to-mapping-black-grass/>, Datum des Zugriffs: 09.04.2022.
- Bayer CropScience, (o. J. a): *Wissenswertes für den Kampf gegen Herbizid-Resistenzen*, URL: <https://agrar.bayer.de/Agarar%20Magazin/Wissenswertes%20fuer%20den%20Kampf%20gegen%20Herbizid-Resistenzen>, Datum des Zugriffs: 15.03.2022.

- Bayer CropScience, (o. J. b): *Herbstbehandlung - Warum sie so wichtig ist*, URL: <https://agrar.bayer.de/Agarar%20Magazin/Herbstbehandlung>, Datum des Zugriffs: 19.03.2022.
- Bohla, R.; Huppert, M. (2021): *Einfach wird es nicht*. In: top agrar südplus, 2/2021, S. 16 - 19.
- Bröker, Küper (2016): *Das Wunder von Lamport*, URL: <https://www.topagrar.com/acker/aus-dem-heft/das-wunder-von-lamport-9647737.html>, Datum des Zugriffs: 26.03.2022.
- AgrarOnline GmbH (2018): *Einsatz von Propyzamid im Raps*, URL: <https://www.myagrar.de/einsatz-von-propyzamid-im-raps/>, Datum des Zugriffs; 29.03.2022.
- CERTIS EUROPE B.V. (2021): *6 Tipps wie du Ackerfuchsschwanz & Co. mit Flufenacet bekämpfen kannst*, URL: <https://blog.certiseurope.de/ackerbau/5-tipps-wie-du-ackerfuchsschwanz-co.-mit-flufenacet-feuer-unterm-hintern-machst>, Datum des Zugriffs: 20.02.2022
- Cunningham, C. (2019): *Soil health under the spotlight*, In: crop production magazine, May 2019, S. 64 - 67.
- Diepenbrock, W.; Ellmer, F.; Léon, J. (2012): *Ackerbau, Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung - Grundwissen Bachelor*. 3. Auflage, Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer.
- Deutscher Wetterdienst (2021): *Niederschlag: vieljährige Mittelwerte 1961 - 1990*, URL: https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/mittelwerte/nieder_6190_akt_html.html?view=naPublication&nn=16102, Datum des Zugriffs: 20.03.2022
- DLG-Ausschuss für Pflanzenschutz; Ulmer, L; Gehring, K. (2018): *Resistenzmanagement im Ackerbau - Herbizidresistenz*. DLG e.V., Frankfurt am Main.
- Ewert, K. (2019): *Bekämpfung von Ackerfuchsschwanz in Winterraps*. In: Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum (Hrsg.), *Versuchsbericht - Pflanzenschutz-Versuche im Acker- und Gartenbau 2019*, Jena, S. 36 - 37.

- Ewert, K.; Heidrich, E.; Weidemann, K.; Maring, E.; Engelhardt, M.; Schüffler, K. (2021): *Wie stark kann (resistenter) Ackerfuchsschwanz durch ackerbauliche Maßnahmen in Winterweizen zurückgedrängt werden?* In: Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum (Hrsg.), *Versuchsbericht - Pflanzenschutz-Versuche im Acker- und Gartenbau 2020*, Jena, S. 15 - 17.
- Gehring, K.; Balgheim, R.; Meinschmidt, E.; Schleich-Saidfar, C. (2012): *Prinzipien einer Anti-Resistenzstrategie bei der Bekämpfung von Alopecurus myosuroides und Apera spica-venti aus Sicht des Pflanzenschutzdienstes.* In: Nordmeyer, H.; Ulber, L. (Hrsg.): *Tagungsband - 25. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und –bekämpfung.* Braunschweig: Julius-Kühn-Institut, S. 89 - 101.
- Gehring, K.; Thyssen, S.; Festner, T. (2016): *Entwicklung von Acker-Fuchsschwanz (Alopecurus myosuroides) unter verschiedenen Herbizidbehandlungssystemen und Bodenbearbeitungsverfahren.* In: Nordmeyer, H.; Ulber, L. (Hrsg.): *Tagungsband - 27. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und –bekämpfung.* Braunschweig: Julius-Kühn-Institut, S. 385 - 392.
- Hallmann, J; Quadt-Hallmann, A; von Tiedemann, A. (2009): *Phytomedizin - Grundwissen Bachelor.* 2. Auflage, Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer.
- Henne, U.; Landschreiber, M.; Schleich-Saidfar, C. (2018): *Entwicklung nachhaltig wirkender Methoden zur Bekämpfung von Acker- Fuchsschwanz (Alopecurus myosuroides Huds).* In: Nordmeyer, H.; Ulber, L. (Hrsg.): *Tagungsband - 28. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und –bekämpfung.* Braunschweig: Julius-Kühn-Institut, S. 121 - 131.
- Herrmann, J. (2022): Auskunft des Geschäftsführers der Agris42 GmbH, Stuttgart, in einer Videokonferenz am 13.01.2022, Stuttgart/Creuzburg, 2022.
- Höner, G. (2016): *Strohstriegel: Dem Stroh die Harke zeigen*, URL: <https://www.topagrar.com/technik/news/strohstriegel-dem-stroh-die-harke-zeigen-9377840.html>, Datum des Zugriffs: 24.03.2022.

- HRAC (2020): *HRAC Mode of Action Classification 2020*, URL: https://hracglobal.com/files/HRAC_Revised_MOA_Classification_Herbicides_Poster.pdf, Datum des Zugriffs: 20.03.2022.
- Jensen, P. K. (2018): *IX Longevity of seeds of blackgrass following different stubble cultivation treatments*, URL: https://pure.au.dk/portal/files/151970516/09_Longevity_of_seeds_of_blackgrass.pdf, Datum des Zugriffs: 05.06.2022.
- Klingenhagen, G.; Grundmann, S.; Siekerkotte, M.; Droste, N.; Grünewald, M.; Hanhart, H.; Koch, M.; Gersmann, M. (2022): *Zwischenfrüchte als Ersatz für Glyphosat?* In: Ulber, L.; Rissel, D. (Hrsg.): *Tagungsband - 30. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung*. Braunschweig: Julius-Kühn-Institut, S. 405 - 415.
- Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (Hrsg.) (2020): *Zwischenfruchtleitfaden*. Wiesbaden, Hessisches Statistisches Landesamt Wiesbaden.
- Landschreiber, M. (2020): *Ungrasmanagement am Beispiel Ackerfuchsschwanz*. In: BAUERNBLATT, 5. September 2020, S. 30-34.
- Lutman, P.; Moss, S.; Cook, S., Welham, S. J. (2013): *A review of the effects of crop agronomy on the management of Alopecurus myosuroides*. In: *Weed Research* 53, S. 299 – 313.
- Meiners, I. (2015): *Management of black-grass (Alopecurus myosuroides Huds.) in winter wheat and taking into account the soil activity of post-emergence herbicides*. Justus Liebig University Gießen, Faculty of Agricultural and Nutritional Sciences, and Environmental Management, Dissertation, Gießen.
- Meinlschmidt, E.; Tümmeler, C.; Ewert, K.; Schmalstieg, H.; Bergmann, E. (2016): *Verbreitung und effektive Kontrolle von Acker-Fuchsschwanz (Alopecurus myosuroides) im Hinblick auf die Resistenzentwicklung – Auswertung der Ringversuche der Bundesländer Brandenburg, Hessen, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen von 2000 bis 2014*. In: Nordmeyer, H.; Ulber, L. (Hrsg.): *Tagungsband - 27. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung*. Braunschweig: Julius-Kühn-Institut, S. 371 - 384.

- Moss, S. (2013): *Black-grass (Alopecurus myosuroides) – Everything you really wanted to know about black-grass but didn't know who to ask*, URL: <https://repository.rothamsted.ac.uk/download/e3e680626dfab6f8427b30edc10a8b538b4a9f598dc4fe560a9d43243c5705b3/227469/SMoss%20Black-grass%20Everything%20you%20wanted%20to%20know%20Rev28May13.pdf>, Datum des Zugriffs: 15.03.2022.
- Moss, S. (2017): *Black-grass (Alopecurus myosuroides): Why has this weed become such a problem in Western Europe and what are the solutions?*. In: *Outlooks on Pest Management*, October 2017, S. 207-212.
- Mücke, M. (2020): *Beikrautregulierung im ökologischen Maisanbau*, URL: <https://www.oekolandbau.nrw.de/fachinfo/pflanzenbau/ackerbau/2020/beikrautregulierung-im-oekologischen-maisanbau>, Datum des Zugriffs: 22.03.2022.
- N.U. Agrar (Hrsg.) (2021): *Bodenbearbeitung zu Raps*. In: *Grünes Info*, 14/2021.
- Rüdt, M. (2018): *Ackerfuchsschwanzbekämpfung in Winterweizen*. Hochschule Weihenstephan - Triesdorf, Fakultät Landwirtschaft, Bachelorarbeit, Freising.
- Sauermann, W. (o. J.): *Abschlussbericht zum UFOP-Projekt 525/101: Erfolgreicher Anbau und Verwertung von Ackerbohnen - Beispiele von 5 Betrieben aus 2009 und 2010*, URL: https://www.ufop.de/files/9213/3922/7206/Abschlussprojekt_Anbau_Ackerbohnen.pdf, Datum des Zugriffs: 05.06.2022.
- Sauermann, W.; Sass, O. (2016): *Anbauratgeber Ackerbohne*. Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e. V., Berlin, URL: https://www.ufop.de/files/1114/6556/1996/WEB_RZ_UFOP_1383_Praxisinfo_Ackerbohne_270516.pdf, Datum des Zugriffs: 05.06.2022.
- Schönhammer, A.; Freitag, J. (2020): *Bewertung von metazachlorhaltigen Herbiziden zur Bekämpfung von Acker- Fuchsschwanz in Winterraps*. In: Nordmeyer, H.; Ulber, L. (Hrsg.): *Tagungsband - 29. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung*. Braunschweig: Julius-Kühn-Institut, S. 127 - 134.

- Schönhammer, A.; Vantieghem, H. (o. J.): *Unkrautbekämpfung in Raps als wichtiger Beitrag zur Beherrschung von Ackerfuchsschwanz in getreidebetonten Fruchtfolgen*. BASF SE, Ludwigshafen, URL: <https://www.agrar.basf.de/Dokumente/Kulturen/Raps/raps-broschuere-ackerfuchsschwanz.pdf?1588772152278>, Datum des Zugriffs: 21.05.2022.
- Stemann, G. (2019): *Dem Ackerfuchsschwanz ackerbaulich begegnen - Fruchtfolge, Bodenbearbeitung & Zwischenfrüchte im Fokus*. In: Innovation - Das Magazin für die Landwirtschaft, 2/2019, S. 20-21.
- Studyflix GmbH (Hrsg.) (2022): *Mikrotubuli*. URL: <https://studyflix.de/biologie/mikrotubuli-1938>, Datum des Zugriffs: 10.04.2022.
- Syngenta Agro GmbH (Hrsg.) (2022): *Boxer*. URL: <https://www.syngenta.de/produkte/pflanzenschutz/herbizid/boxer>, Datum des Zugriffs: 24.04.2022.
- TLUBN (o. J.): *Kartendienst des TLUBN - Bodenübersichtskarte 1:200.000*, URL: <https://antares.thueringen.de/cadenza/pages/map/default/index.xhtml?jsessionid=3F124724B0A9CFA99FE9644A833762C5?mapId=5aff1c61-0696-4beb-b12b-aa9eb1fd1335&mapSrs=EPSG%3A25832&mapExtent=587360.3043818963%2C5652955.508157316%2C592662.7630277548%2C5656013.890554837>; Datum des Zugriffs: 10.04.2022
- top agrar online (2021): *Raps: Mit Propyzamid gegen Fuchsschwanz und Co*, <https://www.topagrar.com/acker/news/raps-mit-propyzamid-gegen-fuchsschwanz-und-co-12723139.html>, Datum des Zugriffs: 19.03.2022.
- Trenkamp, S. (2003): *Pflanzliche Fettsäure-Elongasen als Wirkort von Herbiziden*. Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät, Dissertation, Düsseldorf.
- Voßhenrich, H.-H.; Landschreiber, M.; Henne, U.; Schleich-Saidfar, C.; Epperlein, J.; Olderog-Enge, K.; Matthiesen, H. (2018): *Entwicklung nachhaltig wirkender*

Methoden zur Ackerfuchsschwanzbekämpfung. In: Johann Heinrich von Thünen-Institut (Hrsg.): *Thünen Working Paper 99.* Braunschweig.

Wikipedia (Hrsg.) (2022): *Creuzburg*, URL: <https://de.wikipedia.org/wiki/Creuzburg#Einzelnachweise>, Datum des Zugriffs: 10.04.2022

Winkler, J., Vorholen, J., Decker, V. (2021): *Markteinführung 2021 - Mateno Porto Set - Der neue Standard im Getreide.* Bayer CropScience Deutschland GmbH, Monheim.

Zeller, A. (2019a): *Ihr Schlachtplan gegen den Ackerfuchsschwanz.* In: top agrar südplus, 5/2019, S. 26-29.

Zeller, A. (2019b): *Integrated weed management strategies to control herbicide resistant Alopecurus myosuroides Huds.* University of Hohenheim, Institut of Phytomedicine, Dissertation, Hohenheim.