



Bundesministerium
für Landwirtschaft, Ernährung
und Heimat



Schlussbericht zum Thema

Nicht-chemische Verfahren zum Management von Schadnagern im ökologischen Möhrenanbau

FKZ: 2819OE182, 2819OE180, 2819OE179

Projektnehmer/Projektnehmerin:

Hochschule Anhalt (HSA)

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (LWK NRW)

Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen

Gefördert durch das Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat auf Grund eines Beschlusses des deutschen Bundestages im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau.

Das Bundesprogramm Ökologischer Landbau (BÖL) hat sich zum Ziel gesetzt, die Rahmenbedingungen für die ökologische Landwirtschaft in Deutschland zu verbessern. Es wird vom Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat (BMLEH) finanziert und in der BÖL-Geschäftsstelle in der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) in die Praxis umgesetzt. Das Programm gliedert sich in zwei ineinandergreifende Aktionsfelder - das Forschungs- und das Informationsmanagement.

Detaillierte Informationen und aktuelle Entwicklungen finden Sie unter:

www.bundesprogramm.de
www.oekolandbau.de/forschung

Wenn Sie weitere Fragen haben, wenden Sie sich bitte an:

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
Bundesprogramm Ökologischer Landbau
Deichmanns Aue 29
53179 Bonn
Tel.: 0228-6845-3280
E-Mail: boel-forschung@ble.de

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Landwirtschaft, Ernährung
und Heimat



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Schlussbericht zum Thema „Nicht-chemische Verfahren zum Management von Schadnagern im Möhrenanbau (MaeuseMoehre)“

FKZ: 2819OE182; 2819OE180; 2819OE179

Projektnehmer:

**Hochschule Anhalt (HSA); Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (LWK NRW);
Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen**

Die Förderung des Vorhabens erfolgte aus Mitteln des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat (BMLEH) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgte über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Bundesprogramm Ökologischer Landbau.

Abschlussbericht

Zuwendungsempfänger: Hochschule Anhalt (HSA), Bernburger Str. 55, 06366 Köthen Kontakt: Prof. Dr. Christina Fischer, Faunistik und Artenschutz, Strenzfelder Allee 28, 06406 Bernburg, christina.fischer@hs-anhalt.de	Förderkennzeichen: FKZ 2819OE182
Zuwendungsempfänger: Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (LWK NRW), Nevinghoff 40, 48147 Münster Kontakt: Marlene Leucker, Pflanzenschutzdienst, Pflanzenschutz im Gemüsebau und Warndienst, Gartenstraße 11, 50765 Köln- Auweiler, marlene.leucker@lwk.nrw.de	Förderkennzeichen: FKZ 2819OE180
Zuwendungsempfänger: Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kultur- pflanzen Kontakt: Dr. Hella Kehlenbeck, Institut für Strategien und Folgen- abschätzung (SF), Stahnsdorfer Damm 81, 14532 Kleinmachnow, hella.kehlenbeck@julius-kuehn.de Zuwendungsempfänger vom 01.11.2022 - 29.02.2024: Dr. Jens Jacob, Institut für Epidemiologie und Pathogendiagnostik (EP), Toppheideweg 88, 48161 Münster, jens.jacob@julius-kuehn.de (vorzeitiges Beenden/Abgeben des Projektteils JKI-EP/Münster zum 01.03.2024 an die Hochschule Anhalt; der Projektteil JKI-SF/Kleinmachnow verblieb am JKI)	Förderkennzeichen: FKZ 2819OE179
Vorhabenbezeichnung: Nicht-chemische Verfahren zum Management von Schadinsekten im Möhrenanbau (MaeuseMoehre)	
Laufzeit des Vorhabens: 01.11.2022 - 31.03.2026	

Bernburg, März 2026

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Zusammenfassung

Nager, wie Feldmäuse, treten alle 3–5 Jahre in Massen auf. Während dieser Massenvermehrungen kommt es im Gemüsebau zu erheblichen Ertragsverlusten bis hin zu Totalausfällen. Im deutschen Ökolandbau stellte die Möhre mit einem Gesamtertrag von fast 800.000 t im Jahr 2023 die wichtigste Gemüsekultur dar. Da im Ökolandbau der Einsatz chemischer Rodentizide nicht zulässig ist, sind nicht-chemische Maßnahmen gegen Schadnager von großer Bedeutung.

Ziele des Projektes „MaeuseMoehre“ waren die Entwicklung und Erprobung nicht-chemischer Verfahren zur Regulierung von Nagerschäden im Möhrenanbau. In den Jahren 2024 und 2025 wurden auf ökologisch bewirtschafteten Möhrenflächen in Nordrhein-Westfalen physische Barriereverfahren wie Mäusegräben und Rhizomsperren untersucht. Diese sollen die Einwanderung von Schadnagern in die Kulturfläche verhindern. Die Ergebnisse der Praxisversuche dienen dazu, die Wirksamkeit dieser Maßnahmen zu bewerten und eine Kosten-Nutzen-Abschätzungen zu ermöglichen. In beiden Versuchsjahren zeigte sich eine insgesamt sehr geringe Mäuseaktivität, wodurch belastbare Aussagen zur Wirksamkeit der getesteten Maßnahmen nur eingeschränkt möglich sind. Die Kosten-Nutzen-Abschätzung berücksichtigte hierzu Daten aus Vorversuchen des Jahres 2023 sowie aus den Versuchsjahren 2024 und 2025. Auf Basis verschiedener Szenarien deuteten die Ergebnisse darauf hin, dass die relative Wirtschaftlichkeit von „Gräben“ gegenüber „Kontrolle“ vor allem von der Funktionsfähigkeit der Maßnahme, dem Fraßniveau und den flächenbezogenen Kosten abhing. Insgesamt lassen die Ergebnisse positive Effekte der Mäusegräben erkennen, deren Wirksamkeit jedoch insbesondere in Jahren mit Massenvermehrungen weiter überprüft werden sollte.

Abstract

Rodents such as common voles appear in large numbers every 3-5 years. During these mass reproductive periods, vegetable crops suffer significant yield losses, sometimes resulting in total crop loss. In German organic farming, carrots were the most important vegetable crop in 2023, with a total yield of almost 800,000 tonnes. As the use of chemical rodenticides is not permitted in organic farming, non-chemical measures against rodent pests are of great importance.

The aims of the “MaeuseMoehre” project were to develop and test non-chemical methods for minimising damage caused by rodents in carrot cultivation. In 2024 and 2025, physical barriers such as vole trenches and rhizome barriers were investigated on organically farmed carrot fields in North Rhine-Westphalia. These barriers are intended to prevent pest rodents from entering cultivated areas. The results of our field trials are used to evaluate the effectiveness of these measures and to enable cost-benefit assessments. In both study years, overall rodent activity was very low, which limits the ability to make reliable conclusions about the effectiveness of the tested measures. The cost-benefit assessment also included data from preliminary trials in 2023 as well as from the trial years 2024 and 2025. Based on different scenarios, the results indicated that the relative economic performance of “trenches” compared with the “control” depended mainly on the functionality of the measure, the level of feeding damage and area-related cost components. Overall, the results indicate positive effects of the vole trenches; however, their effectiveness should be further evaluated, particularly in years with mass reproduction.

Inhalt

I. Schlussbericht.....	1
1 Einführung.....	1
1.1 Gegenstand des Vorhabens.....	1
1.2 Ziele und Aufgabenstellung des Projektes.....	2
1.3 Planung und Ablauf des Projektes.....	3
1.3.1 Methodenentwicklung für das nicht-chemische Nagermanagement (HSA, LWK NRW).....	3
1.3.2 Kosten-Nutzen-Abschätzung (JKI, LWK NRW)	4
1.3.3 Präsentation/Wissenstransfer (LWK NRW, HSA, JKI).....	5
1.3.4 Zeitplan	6
2 Wissenschaftlicher und technischer Stand	7
3 Material und Methoden.....	9
3.1 Vorversuche zur Erfassung der Mäuseaktivität (HSA).....	9
3.1.1 Haarröhren.....	9
3.1.2 Programm zur Bestimmung der Haardichte in Haarröhren	9
3.1.3 Feldtest mit Haarröhren und Wildtierkameras	11
3.2 Versuchsstandorte der Praxisversuche zum Schadnagermanagement.....	12
3.3 Getestete Varianten in den Praxisversuchen.....	13
3.4 Erfassung der Mäuseaktivität (HSA).....	17
3.5 Bonituren der Kopffraßschäden (LWK NRW)	18
3.6 Ertragsstichproben (LWK NRW).....	20
3.7 Methodik der Kosten-Nutzen-Abschätzung	21
3.7.1 Datengrundlage.....	22
3.7.2 Baseline als Referenzdatensatz	24
3.7.3 Konzept zur Kosten-Nutzen-Abschätzung.....	25
3.7.4 Szenariorechnung – Fraß-basierte Rückrechnung des Nettoertrags	26
3.7.5 Szenario 1 – Integrierter Anbau mit Rodentizid-Anwendung	26
3.7.6 Szenario 2 – Intensive Grabeninstandhaltung – ökologischer Anbau	27
3.7.7 Szenario 3 – Zeitraum: 5 Jahre – Ökologischer Anbau.....	29
3.7.8 Break-even-Analyse	31
4 Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse	32
4.1 Mäuseaktivität (HSA).....	32

4.1.1	Feldtests mit Haarröhren und Wildtierkameras.....	32
4.1.2	Praxisversuche zur Mäuseaktivität in 2024.....	32
4.1.3	Praxisversuche zur Mäuseaktivität in 2025.....	37
4.2	Kopffraßschäden (LWK NRW).....	41
4.3	Ertragsstichprobe 2024 (LWK NRW).....	45
4.4	Kosten-Nutzen-Abschätzung (JKI)	46
4.4.1	Baseline – Ökologischer Anbau (Fraß, DAL, Kostenkomponenten).....	46
4.4.2	Szenario 1 – Integrierter Anbau mit Rodentizid-Anwendung (Fraß, DAL).....	49
4.4.3	Szenario 2 – Intensive Grabenstandhaltung – ökologischer Anbau (Fraß, DAL)	51
4.4.4	Szenario 3 – Zeitraum: 5 Jahre – Ökologischer Anbau (Fraß, DAL).....	53
4.4.5	Break-even-Analyse.....	55
4.4.6	Gegenüberstellung der direkten Effekte (DAL) – Baseline und Szenarien.....	57
4.4.7	Indirekte Effekte der Kosten-Nutzen-Abschätzung	58
4.4.8	Gesamtnutzen der nicht-chemischen Mäusemanagementmaßnahmen im Möhrenbau.....	59
5	Diskussion.....	59
6	Angaben zum voraussichtlichen Nutzen und zur Verwertbarkeit der Ergebnisse.....	60
7	Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen.....	61
8	Zusammenfassung.....	62
9	Literaturverzeichnis	65
10	Übersicht über alle im Berichtszeitraum vom Projektnehmer realisierten Veröffentlichungen zum Projekt.....	68
10.1	Poster.....	68
10.2	Vorträge	68
10.3	Erfolgte Publikationen	69
10.4	Geplante Publikationen	69

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1a: Haarröhre für Nager und 1b: Haarröhre markiert und am Boden befestigt (Foto: Dürger).....	9
Abbildung 2: Programmablaufplan. Die verschiedenen Farben unterscheiden automatische Prozesse von erwarteten Benutzereingaben. Die abgerundeten Rechtecke bezeichnen Aktionen des Programms oder des Users und die Rauten bezeichnen Programmentscheidungen. Die Haardichte wird als Verhältnis der Haarpixel zu den gesamten Klebestreifenpixeln (effektive Pixel) berechnet.....	10
Abbildung 3: Korrelation zwischen dem realen Wert der Haardichte (%) und dem berechneten Wert der Haardichte (%). Die gestrichelte Linie zeigt eine perfekte Übereinstimmung der realen und der berechneten Werte (realer Wert der Haardichte = berechneter Wert der Haardichte). Die Fehlerbalken sind ± 5 Standardfehler.	11
Abbildung 4: Standorte (rote Dreiecke) in 2024 und 2025 in Nordrhein-Westfalen.	13
Abbildung 5: Mäusegraben 2023 (Foto: Reising-Hein)	14
Abbildung 6: Einsatz des GeoTrencher-Systems (Foto: Pfennig)	15
Abbildung 7: Rhizomsperre entlang des Möhrenfelds (Foto: Pfennig)	16
Abbildung 8: Anordnung der Versuchsplots in Transekten. Jeweils 10 Haarröhren wurden in vier Transekten (Refugium, 5 m, 15 m, und 30 m in der Möhrenfläche) ausgelegt. Sowie Boniturschema zur Erfassung der Kopffraßschäden an Möhrenpflanzen.....	18
Abbildung 9: Schematische Darstellung des Konzepts zur Kosten-Nutzen-Abschätzung	25
Abbildung 10: Schematische Darstellung des Konzepts zur Break-even-Analyse	31
Abbildung 11: Korrelation zwischen Haarröhren Ergebnissen (Haardichte auf Klebestreifen gemittelt pro Habitat Replikat) und Wildtierkamera Ergebnisse (Anzahl der Sichtungen von <i>Apodemus</i> spp. und Wühlmäusen) nach Habitaten Grünland, Hecke und Weizenfeld.	32
Abbildung 12: Anzahl von Mäusen belauener Haarröhren in Prozent (%) für alle Versuchsplots der Monate August, September und Oktober 2024, aufgeteilt nach Graben- und Kontroll-Plots. Außerhalb der Möhrenfläche lagen die grün dargestellten Refugien, innerhalb der Möhrenfläche die weißen 5 m Transekte, hellgrauen 15 m Transekte und dunkelgrauen 30 m Transekte.	34
Abbildung 13: Anzahl von Mäusen belauener Haarröhren in Prozent (%) für alle Graben- und Kontroll-Plots in 2024, aufgeteilt nach den Versuchsmonaten August, September und Oktober. Außerhalb der Möhrenfläche lagen die grün dargestellten Refugien, innerhalb der Möhrenfläche die weißen 5 m Transekte, hellgrauen 15 m Transekte und dunkelgrauen 30 m Transekte.	35
Abbildung 14: Haardichte in Prozent (%) der belauenen Haarröhren für alle Versuchsplots der Monate August, September und Oktober 2024, aufgeteilt nach Graben- und Kontroll-Plots. Außerhalb der Möhrenfläche lagen die grün dargestellten Refugien, innerhalb der	

Möhrenfläche die weißen 5 m Transekte, hellgrauen 15 m Transekte und dunkelgrauen 30 m Transekte.	36
Abbildung 15: Anzahl von Mäusen belauener Haarröhren in Prozent (%) für alle Versuchsplots der Monate August, September und Oktober 2025, aufgeteilt nach Graben-, Rhizom- und Kontroll-Plots. Außerhalb der Möhrenfläche lagen die grün dargestellten Refugien, innerhalb der Möhrenfläche die weißen 5 m Transekte, hellgrauen 15 m Transekte und dunkelgrauen 30 m Transekte.	38
Abbildung 16: Anzahl von Mäusen belauener Haarröhren in Prozent (%) für alle Graben-, Rhizom- und Kontroll-Plots in 2025, aufgeteilt nach den Versuchsmonaten August, September und Oktober. Außerhalb der Möhrenfläche lagen die grün dargestellten Refugien, innerhalb der Möhrenfläche die weißen 5 m Transekte, hellgrauen 15 m Transekte und dunkelgrauen 30 m Transekte.	39
Abbildung 17: Haardichte in Prozent (%) der belauenen Haarröhren für alle Versuchsplots der Monate August, September und Oktober 2025, aufgeteilt nach Graben-, Rhizom- und Kontroll-Plots. Außerhalb der Möhrenfläche lagen die grün dargestellten Refugien, innerhalb der Möhrenfläche die weißen 5 m Transekte, hellgrauen 15 m Transekte und dunkelgrauen 30 m Transekte.	40
Abbildung 18: Kopffraß an Möhren (2023) – erwartete vs. alternative Einwanderungsrichtung; auf jeweils drei Flächen mit und drei Flächen ohne Mäusegraben.	42
Abbildung 19: Kopffraß an Möhren (2024) in den Varianten Graben und Kontrolle ohne Maßnahme in drei Abständen zum Feldrand.	43
Abbildung 20: Kopffraß an Möhren (2025) in den Varianten Graben, Rhizomsperre und Kontrolle ohne Maßnahme in drei Abständen zum Feldrand.	44
Abbildung 21: Bonitur des Ernteguts nach Handelsklassen, Ausschuss und angefressenen Möhren (2024).	45
Abbildung 22: Fraßschäden gesamt (Mittelwert der Schadensbonituren 2023–2026) & Differenz.	46
Abbildung 23: Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Vergleich der Varianten „Gräben“ und „Kontrolle“ (2023–2026) & Differenz.	47
Abbildung 24: Kostenkomponenten der Mäusemanagementmaßnahme „Graben“ im Jahresvergleich (2023–2025).	48
Abbildung 25: Fraßschäden gesamt der Varianten „Gräben“ und „Kontrolle“ (abgeleitet aus Baseline; 25 %-Ansatz) & Differenz – Szenario 1 – Integrierter Anbau. Die Werte wurden als 25 %-Ansatz aus den Baseline-Fraßschäden abgeleitet.	49
Abbildung 26: Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Vergleich der Varianten – „Gräben“ und „Kontrolle“ (Ø 2023–2025) & Differenz – Szenario 1 – Integrierter Anbau.	50

Abbildung 27: Fraßschäden gesamt (abgeleitet aus Baseline; 10 %-Ansatz) & Differenz – Szenario 2 – Intensive Grabeninstandhaltung.	51
Abbildung 28: Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Vergleich der Varianten „Gräben“ und „Kontrolle“ (Ø 2023–2025) & Differenz – Szenario 2 – Intensive Grabeninstandhaltung.	52
Abbildung 29: Fraßschäden gesamt & Differenz – Szenario 3 – Zeitraum: 5 Jahre.	53
Abbildung 30: Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Vergleich der Varianten „Gräben“ und „Kontrolle“ & jährliche Differenz – Szenario 3 – Zeitraum: 5 Jahre.	54
Abbildung 31: Mittlere DAL – Vergleich der Berechnungen (Baseline und Szenarien 1–3) sowie Differenz zwischen „Gräben“ und „Kontrolle“.	57

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Szenarien-Übersicht	22
Tabelle 2: Baseline-Parameter	24
Tabelle 3: Szenarioannahmen – Szenario 1 – Integrierter Anbau mit den angesetzten rechenrelevanten Parameter sowie deren Quellen/Herkünfte	27
Tabelle 4: Szenarioannahmen – Szenario 2 – Intensive Grabeninstandhaltung mit den relevanten Annahmen so-wie deren Quellen/Herkünfte	28
Tabelle 5: Szenarioannahmen – Szenario 3 – Zeitraum: 5 Jahre mit den angesetzten Parameter und Annahmen sowie deren Quellen/Herkünfte	30
Tabelle 6: Anzahl wiedergeöffneter Tunneleingänge/Mauselöcher (WgL.) auf den Möhrenflächen und angrenzenden Refugien pro 250 m ² im Juni 2024 auf den verschiedenen Standorten und Versuchsplots.....	33
Tabelle 7: Binomiales Model für belaufene Haarröhren (%) mit zufälliger Steigung für Maßnahme 2024.	36
Tabelle 8: Anzahl wiedergeöffneter Tunneleingänge/Mauselöcher (WgL.) auf den Möhrenflächen und angrenzenden Refugien pro 250 m ² im Juli 2025 auf den verschiedenen Standorten und Versuchsplots.....	37
Tabelle 9: Binomiales Model für belaufene Haarröhren (%) mit zufälliger Steigung für Maßnahme 2025.	40
Tabelle 10: Break-even-Ergebnisse (Δ DAL: wirtschaftliche Lücke, Δ BE: erforderliche Fraßänderung und Δ Nettoertrag: Ertragsänderung) für Baseline und Szenarien 1–3 im Vergleich der Varianten „Gräben“ und „Kontrolle“. Ein negativer Wert der wirtschaftlichen Lücke (Δ DAL < 0) bedeutet, dass die Variante „Gräben“ wirtschaftlich vorteilhaft ist (DAL_Gräben > DAL_Kontrolle); ein positiver Wert (Δ DAL > 0) bedeutet, dass die Variante „Kontrolle“ wirtschaftlich von Vorteil ist.	55

I. Schlussbericht

1 Einführung

Etwa alle 3-5 Jahre befallen v.a. Feldmäuse massenhaft Agrar- und Forstflächen in vielen Teilen Deutschlands und verursachen immense wirtschaftliche Schäden (Klemm 1964, Jacob et al. 2020, Imholt et al. 2016). Immer wieder kommt es im Acker-, Gemüse- und Obstanbau zu erheblichen Problemen durch Feldmäuse. Massenvermehrungen treten in Deutschland z.T. über weite Gebiete synchron auf und führen zu Massenbefall auf mindestens 500.000 ha Landwirtschaftsfläche (Cornulier et al. 2013). Schäden entstehen während solcher Massenvermehrungen u.a. im Obst- und Gartenbau (Jacob and Tkadlec 2010). Die Vorernteverluste in den Hauptanbaukulturen betragen ca. 130 Millionen € pro Massenvermehrung (Jacob et al. 2014). Die Nachfrage nach Bio-Gemüse steigt in Deutschland, deshalb soll der Anbau weiter ausgedehnt werden. Dieser Trend ist klar zu erkennen: die Umsätze für Bio-Ware stiegen von 2019 auf 2020 um ein Drittel und die Anbaufläche für Bio-Freilandgemüse um über 11 %. Möhren sind mit Abstand die wichtigste Freilandkultur im Ökolandbau (Ökolandbau.de 2022) und Wachstumschancen im Biosegment werden v.a. hier gesehen (top agrar online 2020). Deshalb ist es erforderlich, die zunehmende Zahl an Möhrenkulturen vor Nagetierschäden zu schützen. Da im Ökolandbau keine chemischen Pflanzenschutzmittel eingesetzt werden dürfen, werden nicht-chemische und praxistaugliche Pflanzenschutzmaßnahmen benötigt.

Der Schutz der Kulturen vor Beschädigung dürfte sowohl die Lagerung als auch die Vermarktung erheblich erleichtern. Damit einher gehen Markt Vorteile gegenüber Wettbewerbern in vergleichbaren Klimazonen bzw. Produktionsszenarien. Wirksame Schadensvermeidung kann nicht nur die Produktivität und Wettbewerbsfähigkeit steigern, sondern auch den Flächenbedarf und damit die Produktionskosten reduzieren und damit einen relevanten Beitrag zur Ausweitung des ökologischen Land-/Gartenbaus leisten.

1.1 Gegenstand des Vorhabens

Das Forschungsvorhaben „Nicht-chemische Verfahren zum Management von Schädigern im Möhrenanbau (MaeuseMoehre)“ (FKZ 2819OE182) wurde im Verbund zwischen der Hochschule Anhalt (HSA), der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (LWK NRW) und dem Julius Kühn-Institut (JKI) durchgeführt. Ziel war die Entwicklung, Erprobung und Bewertung von nicht-chemischen Maßnahmen zur Reduzierung von Feldmausschäden (*Microtus arvalis*) in ökologisch bewirtschafteten Möhrenbeständen unter Praxisbedingungen.

Im Mittelpunkt standen physische Barrieren, insbesondere Mäusegräben und Rhizomsperren, die den Zugang von Schädigern zur Kulturfläche verhindern sollten. Diese Verfahren wurden

hinsichtlich ihrer Wirksamkeit auf die Mäuseaktivität (HSA) und den Einfluss auf Möhrenerträge und Fraßschäden (LWK NRW) untersucht. Ergänzend erfolgten Kosten-Nutzen-Abschätzungen für die getesteten Maßnahmen (JKI), um deren ökonomische Tragfähigkeit zu bewerten.

Die Praxisversuche wurden auf ökologisch wirtschaftenden Betrieben in Nordrhein-Westfalen durchgeführt. Neben Flächen mit Maßnahmen (Graben, Rhizomsperre) dienten Kontrollflächen ohne Maßnahme als Vergleich. Die Erfassung von Aktivitätsindizes (Haarröhren, Lochtretmethode) ermöglichte die quantitative Bestimmung der Feldmausdichte. Möhrenschnitten wurden entlang der Dammreihen erhoben, und das Erntegut wurde bonitiert und gewogen, um den Anteil vermarktungsfähiger Ware zu bestimmen.

Das Projekt leistete einen direkten Beitrag zur Reduzierung des Einsatzes chemischer Rodentizide und zur Umsetzung der Ziele des integrierten Pflanzenschutzes im Sinne der EU-Richtlinie 2009/128/EG. Durch die Bereitstellung praxistauglicher Alternativen sollte die Widerstandsfähigkeit ökologischer Gemüsebaubetriebe gestärkt und deren Wettbewerbsfähigkeit erhöht werden.

1.2 Ziele und Aufgabenstellung des Projektes

Die Zielsetzung des Verbundvorhabens orientierte sich an der Bekanntmachung des BMEL zur Förderung innovativer nicht-chemischer Pflanzenschutzverfahren im Gartenbau sowie an den Zielen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (BÖLN).

Zentrale Projektziele waren:

- Entwicklung und Validierung von nicht-chemischen Methoden zur Reduktion von Nagerschäden in Möhrekulturen, insbesondere durch Mäusegräben und Rhizomsperren.
- Bewertung der Wirksamkeit dieser Verfahren im Hinblick auf Mäuseaktivität, Möhrenschnitten und Ertragsverluste unter Praxisbedingungen.
- Ökonomische Analyse der Verfahren auf Basis von Arbeitszeit-, Material- und Maschinenkosten sowie des Ertrags- und Qualitätsverlustes (Kosten-Nutzen-Abschätzung).
- Wissenstransfer in die Praxis durch Veröffentlichungen, Fortbildungen und Demonstrationsveranstaltungen.

Das Vorhaben sollte somit sowohl wissenschaftlich-technische Grundlagen für ein nachhaltiges Schadnagermanagement schaffen als auch praxisrelevante Handlungsempfehlungen für ökologisch wirtschaftende Betriebe liefern.

Durch die Kombination von Praxisversuchen, ökonomischer Bewertung und Wissenstransfer wurden Forschung und Praxis eng miteinander verknüpft. Die Ergebnisse dienten der Implementierung effizienter, tier- und umweltgerechter Präventionsmaßnahmen im ökologischen Möhrenanbau.

1.3 Planung und Ablauf des Projektes

Die Projektlaufzeit erstreckte sich vom 01.11.2022 bis 31.03.2026. Das Vorhaben war in drei Arbeitspakete gegliedert, die aufeinander aufbauen:

1.3.1 Methodenentwicklung für das nicht-chemische Nagermanagement (HSA, LWK NRW)

Es wurde die Wirksamkeit von Barriereverfahren (Mäusegräben, Rhizomsperren) für das nicht-chemische Management von Schäden durch Nagetiere an Möhrenkulturen in Praxisversuchen untersucht. Die Versuche wurden gemeinsam durch die HSA (Mäuseaktivität) und die LWK NRW (Möhrenschäden) auf ökologisch bewirtschafteten Flächen in NRW durchgeführt, da in Sachsen-Anhalt von den ca. 1 Mio. ha Ackerfläche nur ca. 12 % ökologisch bewirtschaftet werden und in 2022 nur 0,09 % der Ackerfläche für den Möhrenanbau genutzt wurde (www.mwl.sachsen-anhalt.de). Während NRW mit 28.700 ha die bundesweit größte Gemüseanbaufläche hat (www.proplanta.de). Es wurde angestrebt, Projektpersonal der HSA in NRW zu installieren, damit die Wege kurzgehalten werden konnten. Die Ausstattung für die Praxisversuche war bei der HSA und der LWK NRW weitgehend vorhanden. Tierschutzrechtlicher Anforderungen/Auflagen existierten nach Absprache mit der Tierschutzbeauftragten und dem Fachbereich 81: Tierversuchsangelegenheiten, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW nicht, weil ausschließlich auf nicht-invasive Verfahren (Haarröhren, Lochtretmethode/Zählung aktiver Baueingänge) zurückgegriffen wurde. Die Auswertung der Versuchsdaten erfolgte im Wesentlichen durch die HSA und die LWK NRW, der Wissenstransfer für die Praxis v.a. durch die LWK NRW und der Wissenstransfer in die Wissenschaft v.a. durch die HSA und das JKI.

Der Versuchsablauf (2023 - 2025) folgte einem jährlichen Zyklus aus Flächensuche, Maßnahmeninstallation, Bonitur und Erntebewertung. Die Flächensuche 2023 - 2025 erfolgte durch die LWK NRW. In 2024 und 2025 wurden Mäusegräben nach einheitlichen Vorgaben (s. h. Abschnitt 3.3, Einfahrt zur Fläche durch z.B. Plane geschützt, auslaufende Grabenenden) um

ökologisch bewirtschaftete Möhrenflächen spätestens zur Abreife umliegender Getreideschläge installiert (LWK NRW). Die Praxisversuche erfolgten auf zertifizierten Ökoflächen. Migrationsbarrieren (Rhizomsperren) wurden 2025 auf 2 Versuchsflächen entlang der Haupteinwanderungsrouten der Feldmäuse errichtet und deckten jeweils eine Strecke von ca. 150 m ab (LWK NRW). Die Rhizomsperre wurde ca. 30 cm in den Boden eingebracht. Die oberirdische Höhe betrug etwa 40 cm (s. h. Abschnitt 3.3). Auf den Kontrollflächen wurden keine Maßnahmen durchgeführt (weder Gräben gegräst noch Migrationsbarrieren errichtet) und dort auftretende Mäuseaktivität sowie Schäden mit den Managementflächen mit Gräben und Rhizomsperre verglichen (HSA, LWK NRW).

Für jede der oben genannten Maßnahmen zum Nagermanagement (Gräben, Rhizomsperren) sowie der Kontrolle wurde die Mäuseaktivität als Proxi für die Befallsstärke auf und um eine Auswahl der Flächen nicht-invasiv ermittelt (HSA). Dafür kamen Aktivitätsindizes wie wieder geöffnete Löcher (aktive Tunneleingänge) und Haarröhren nach Standardverfahren zum Einsatz. Mit den Haarröhren wurde auf die Abundanz der Feldmäuse geschlossen. Die Anwendung erfolgte entlang von Transekten im angrenzenden Refugium sowie in 5, 15, und 30 m Abstand vom angrenzenden Refugium in den Möhrenfeldern (s. h. Abschnitt 3.4).

Mäuseschäden an den Möhren wurden in jedem Jahr (2023-2025) 2–3-mal erhoben (LWK NRW), indem entlang definierter Transekte (5, 15 und 30 m Abstand zum Ackerrand) die Zahl der benagten und unversehrten Pflanzen bonitiert wurden (s. h. Abschnitt 3.5). Des Weiteren erfolgte eine Dokumentation der Witterungsbedingungen, Bodenstruktur und Anbaupraxis. Für die Erhebung von Erntezahlen wurde 2024 auch Erntegut entnommen, gewaschen und gewogen (LWK NRW) (s. h. Abschnitt 3.6). Landwirte erhielten 2024 eine Entschädigung für entnommenes Erntegut sowie die Teilnahme an einer Befragung durch das JKI.

1.3.2 Kosten-Nutzen-Abschätzung (JKI, LWK NRW)

Grundlagen für die Kosten-Nutzen-Abschätzung der in 1.3.1 beschriebenen Maßnahmen sind der Zusammenhang zwischen Mäuseaktivität als Proxi für die Befallsstärke und Schadenshöhe sowie die Kosten von Managementmaßnahmen und der entgangene Erlös (Kehlenbeck et al. 2015). Dabei beeinflussen der Wirkungsgrad der Maßnahmen, deren Wirkdauer (Wiederbesiedlung durch Schadnager), Managemententscheidungen (z.B. Bekämpfung ohne Eintreffen von Befall) sowie die Preisentwicklung die Kosten und den Nutzen der zu vergleichenden Managementstrategien. Die Relation von Mäuseaktivität und Schadenshöhe, Wirkungsgrad und Wirkdauer für die Variante „Gräben“ und Migrationsbarrieren ergaben sich aus den

Arbeiten in 1.3.1). Die Kosten (wie Arbeitszeit, Maschinenkosten, Material, etc.) dieser Managementmaßnahmen, die Möhrenerträge der verschiedenen Varianten und – soweit möglich – die verminderten Qualitäten wurden aus Befragungen der untersuchten Praxisbetriebe gewonnen (LWK NRW).

Kosten und Nutzen von Bekämpfungsmaßnahmen wurden im Vergleich zu den Kontrollen (keine Maßnahmen) ermittelt. Diese Variante „*Kontrolle*“ sollte ebenfalls möglichst genau hinsichtlich der Kosten und Nutzen anhand der in den Versuchen erhobenen Daten darzustellen sein (Saltzman and Kehlenbeck 2018). Mit Hilfe sekundärstatistischer Daten für Erzeugerpreise, Arbeits- und Maschinenkosten, etc. wurden die in den Versuchen erhobenen Daten in Kosten und Nutzen überführt. Gleichmaßen wurden für die unterschiedlichen Feldmaus-Managementstrategien Kosten und Nutzen ermittelt und mit dem Referenzszenario verglichen, um den Nettonutzen jeder Strategie (Differenz zwischen Kosten und Nutzen) zu bestimmen (JKI). Außerdem sollten weitere nicht-chemische Alternativen, z.B. Repellentien, Biocontrol (Unterstützung von Fressfeinden, z.B. Anbringen von Nisthilfen und Ansitzstangen für Greifvögel/Eulen, Nestboxen u.a. Strukturen wie Steinhaufen und Hecken für terrestrische Räuber wie z.B. Mauswiesel und Hermelin), in die Kosten-Nutzen Abschätzungen einbezogen werden, um umfassende Aussagen zu einer möglichst großen Palette von Maßnahmen für den Ökolandbau machen zu können.

Durch die Auswirkungen des Klimawandels auf die Feldmaus-Massenvermehrungen und weil sich das Preisgefüge über die Zeit ändert, mussten Kosten-Nutzen-Abschätzungen nicht nur für den Ist-Zustand, sondern auch für zukünftige Szenarien erstellt werden (JKI). So sollte es möglich sein, jetzt und unter künftigen Rahmenbedingungen durch die Auswahl der nachhaltigsten und ökonomisch vorteilhaftesten Gegenmaßnahme fundierte Bekämpfungsentscheidungen zu treffen.

1.3.3 Präsentation/Wissenstransfer (LWK NRW, HSA, JKI)

Die LWK NRW richtet zahlreiche Veranstaltungen für Landwirte, Gärtner, Berater und andere Interessensgruppen aus. Dazu gehören insbesondere Schulungen und Fortbildungen im Gartenbau und auch Ackerbau, sowie Feldtage und Versuchsbesichtigungen. Hierbei sollten die Migrationsbarrieren, Geräte (z.B. Grabenfräse) und Techniken (Gestaltung der Ein- und Ausfahrten) anschaulich und praxisorientiert demonstriert werden.

Die HSA nutzte zur Verbreitung der Ergebnisse u.a. die offizielle Arbeitsgruppen Webseite (www.offenlandinfo.de), die Strukturen der Bund-Länder Arbeitsgruppe Feldmaus-Management, nationale Fachtagungen (Deutsche Pflanzenschutztagung), den Arbeitskreis Wirbeltiere

der DPG sowie nationale und internationale Open Access Fachzeitschriften. Eine Übersicht der im Projekt getätigten Veröffentlichungen befindet sich im Abschnitt 10.

1.3.4 Zeitplan

Der Ablauf des Projekts entsprach dem Projektplan, wobei es zeitliche Verschiebungen wegen eines Projektleitungswechsels 2024 gab. Die Projektleitung wechselte aufgrund der Abgabe des Projektteils JKI-EP in Münster zum 01. März 2024 an die Hochschule Anhalt.

2022 – 2023 Sondierungsphase mit Vorversuchen

2024 – 2025 Praxisversuche zum Schadnagermanagement mit Auswertung

2026 Publikationsphase

Projektplan MaeuseMoehre

Jahr	Aktivitäten	Monat	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2022	Einstellungen (JKI, LWK NRW)													
	Anfertigen von Haarröhrchen (JKI)													
	Absprachen Flächeneigner (LWK)													
2023	Projekttreffen (alle)													
	Bestellung/Kauf Materialien/Geräte													
	Flächenauswahl Vorversuche (LWK)													
	Vorversuch Frühjahr (JKI, LWK)													
	Feldversuch Herbst (JKI, LWK)													
	Vorbereitung Kosten-Nutzen-Analyse (JKI)													
	Dateneingabe, Auswertung, Bericht													
2024	Wechsel der Projektleitung vom JKI-EP auf HSA													
	Bestellung/Kauf Materialien/Geräte													
	Flächensuche, Absprachen Flächeneigner (LWK NRW, HSA)													
	Feldversuch mit Haarröhrchen zum Feldmausbefall und Erhebung der Mäuseschäden (HSA, LWK NRW)													
	Datenauswertung (alle)													
	Flächensuche, Absprachen Flächeneigner für Jahr 2 (LWK NRW, HSA)													
	Kosten-Nutzen-Analyse (JKI)													
	Projekttreffen/Bericht (alle)													
2025	Bestellung/Kauf Materialien/Geräte													
	Flächensuche, Absprachen Flächeneigner (LWK NRW, HSA)													
	Feldversuch (HSA, LWK NRW)													
	Datenauswertung/Projekttreffen/Bericht (alle)													
	Kosten-Nutzen-Analyse (JKI)													
	Wissenstransfer Praxis (HSA, JKI, LWK NRW)													
2026	Publikation (HSA)													
	Wissenstransfer Wissenschaft (HSA)													
	Bericht finalisiert (HSA, JKI)													

2 Wissenschaftlicher und technischer Stand

Nagetierschäden in gartenbaulichen Kulturen sind mit Abstand die wichtigsten Schäden durch Wirbeltiere hinter denen beispielsweise Probleme mit Wild oder Vögeln weit zurückstehen. Nagerbefall im Gemüsebau kann zum Totalausfall führen (Gebhardt et al. 2011) und neben Ernteverlusten Folgekosten für die Neueinsaat hervorrufen. Im Möhren- und Kartoffelanbau kann Nagerfraß zu erheblichen Verlusten führen, die vereinzelt 50-100 % erreichen können (Wieland 2002). Die Schäden führen zu einem hohen Sortieraufwand und viel aussortierter oder abgewiesener Ware, da angefressene Möhren und Kartoffeln nicht vermarktungsfähig sind. So geschädigte Möhren finden selbst als Tierfutter oder zur Safftherstellung keine Abnehmer. Daneben besteht die Gefahr von Verunreinigung und Krankheitsübertragung durch Nager auf Mitarbeiter und Konsumenten (Essbauer et al. 2016). In Deutschland bauen mehr als 6.000 Betriebe auf ca. 126.500 ha Gemüsekulturen an (Statistisches Bundesamt (Destatis) 2019). Dabei sind Möhren die zweitgrößte Kultur in der Fläche und haben die höchste Erntemenge, so dass diese Kultur mit ca. 20 % der Erntemenge aller Gemüsekulturen eine herausragende Stellung einnimmt (Statistisches Bundesamt (Destatis) 2019).

Die erheblichen wirtschaftlichen Verluste durch Feldmäuse und anderen Nagetierarten (z.B. Waldmaus) erfordern Maßnahmen zur Populationsregulation. Dabei ist das Primärziel die Sicherung der Ernte, was durch die Reduzierung der Nagerpopulation erreicht werden kann, weil die Schadenshöhe in der Regel von der Populationsgröße abhängt (Brown et al. 2007; Fischer et al. 2018; Imholt et al. 2016; Mulungu et al. 2003). Maßnahmen zur Minimierung von Schadnagerpopulationen sind für Gartenbaubetriebe nur sinnvoll, wenn sie ökonomisch vorteilhaft sind. Für eine solche Abschätzung sind dem erwarteten Nutzen (wie verhinderte bzw. verminderte Ernte- und Qualitätsverluste sowie weitere Schäden) die Kosten der (unterschiedlichen) Maßnahmen gegenüberzustellen (Kehlenbeck et al. 2012; Kehlenbeck and Krügener 2012). Für den Bereich Nagetierschäden und Managementmaßnahmen – insbesondere nicht-chemische – liegen allerdings bisher kaum robuste Daten vor.

Im Ökolandbau ist die Anwendung chemischer Rodentizide nicht möglich und es muss auf nicht-chemische Verfahren gesetzt werden. Anwendungsaufgaben machen es auch für integriert wirtschaftende Landwirte in vielen betroffenen Gebieten kaum möglich, Rodentizide anzuwenden, so dass ein rechtzeitiges Eingreifen mit alternativen nicht-chemischen Methoden unabdingbar ist. Es existieren im Gemüsebau jedoch kaum/keine validierten nicht-chemischen Optionen, um Schäden durch Nagetiere einzudämmen oder die Wirksamkeit wird als gering eingeschätzt (Leukers et al. 2017). So sind Maßnahmen zur Vertreibung (Scheuchen, Repellents), biologische Bekämpfung (Greifvögel, terrestrische Räuber) usw. bei Wirbeltieren meist wenig effektiv.

Zudem fördern Flächen und Randstreifen, die im Rahmen des Natur- und Biodiversitätsschutzes zunehmend angelegt werden, die Schadnager durch eine hohe Vegetationsdeckung (Schutz vor Prädatoren, Nahrungsquellen), wodurch die Problematik immer mehr verschärft wird (Fischer et al. 2011b, Fischer & Schröder 2014). Die Praktiker sind bisher mit dieser Problematik auf sich allein gestellt. Daher besteht dringender Bedarf an nicht-chemischen Alternativen, die die Populationsgröße senken und/oder den Zugang der Nager zur Kultur minimieren. Ein möglicher Ansatz sind sogenannte Mäusegräben, die basierend auf anekdotischen Aussagen aussichtsreich erscheinen (z.B. Wieland 2002). Es handelt sich um Barrierestrukturen, die eine Einwanderung von Schadnagern auf die Kulturfläche vermindern sollen. Sie werden seit einigen Jahren mittels Grabenfräsen mindestens 40 cm tief entlang der Möhrenfelder nach subjektiv wahrgenommener Notwendigkeit gezogen. In Pilotversuchen der LWK NRW zeigten sich strukturelle Schwächen der Gräben (Auslassen der Einfahrtswege; Erosion der Grabenwände, Unkrautbesatz), die den Schutz der Kultur deutlich beeinträchtigen. Um Nichtzielarten nicht zu beeinträchtigen, erzielten Ausstiegshilfen aus den Gräben von der Kultur weg den gewünschten Effekt, dass die Gräben auf der von der Kultur abgewandten Seite verlassen werden können (Kollath 2018; Schenk 2018). Erste Abschätzungen zeigen allerdings erhebliche Kosten (Humpesch und Damerow 2017). Die tatsächliche Schutzwirkung der gefrästen Mäusegräben gegen Feldmauszuwanderung ist allerdings nicht systematisch belegt und es existieren keine aktuellen Kosten-Nutzen-Abschätzungen.

Mäusezäune (Migrationsbarrieren) unterschiedlichen Designs wurden eingesetzt, um Reiskulturen in Asien mit mobilen Strukturen (Jacob et al. 2010) oder Obstplantagen in Deutschland mit permanenten Zäunen (Walther and Fülling 2010) vor Nagetierschäden zu schützen. Die Übertragung auf den ökologischen Gemüsebau scheint möglich und sinnvoll (Humpesch und Damerow 2017). Aufgrund des intensiven Zeit- und Arbeitsaufwands bei vergleichsweise kurzer Kulturzeit der Möhren werden jedoch in dieser Kultur bisher keine Zaunsysteme verwendet.

3 Material und Methoden

3.1 Vorversuche zur Erfassung der Mäuseaktivität (HSA)

3.1.1 Haarröhren

Zur nicht-invasiven Erfassung der Mäuseaktivität im Feld wurden Haarröhren entwickelt. In 2022 wurde mit dem Bau von Prototypen für die Haarröhren begonnen. Von Februar bis April 2023 wurden Haarröhren-Prototypen entwickelt und Tests der Prototypen auf dem JKI-Gelände durchgeführt. Von Mitte Mai bis Anfang Juli 2023 erfolgten Feldtests mit dem geeigneten Haarröhren-Prototypen (Abb. 1a). Die Haarröhren bestehen aus einem 13 cm langen PE-Rohr mit einem Durchmesser von 40 mm und eingekerbten Eingängen. Auf beiden Eingängen befindet sich ein doppelseitiges Klebeband, welches mit Gewebeband fixiert wird. Die Beschriftung der Haarröhren erfolgt auf der Oberseite auf einem Stück Gewebeband. Sobald ein Nagetier durch die Röhre hindurchgeht hinterlässt es ein paar Deckhaare. In die Haarröhren wurde etwas Erdnussbutter gegeben und anschließend wurden sie für eine Woche ins Feld gelegt. In der Möhrenfläche wurden sie mit Metall-Heringen am Boden befestigt und mit Markierungsstäben versehen (Abb. 1b).



Abbildung 1a: Haarröhre für Nager und 1b: Haarröhre markiert und am Boden befestigt (Foto: Dürger)

3.1.2 Programm zur Bestimmung der Haardichte in Haarröhren

Für die Auswertung der Haarröhren wurden die doppelseitigen Kleber mit Nagetierhaar von den Haarröhren entfernt, in transparente A4 Folien geklebt und beschriftet. Im Anschluss wurden die Folien mit einer roten Hintergrundfolie mit einem herkömmlichen Scanner (Canon PIXMA MG5700) als TIFF-Datei mit einer Auflösung von 600 dpi eingescannt. Für die Nutzung des entwickelten Programms konfiguriert der User die Einstellungen und initialisiert das Programm. Anschließend wird für die Kalibrierung ein Bild sowohl für den Hintergrund als auch für die Klebestreifen ausgewählt. Danach wird das erste Bild von einer A4 Folie mit Klebestreifen mit Haar geladen und die Anzahl der Klebestreifen/ROIs (regions of interest) gewählt, die bearbeitet werden sollen. Es werden alle ROIs einzeln ausgewählt und beschriftet. Störende Elemente wie Schmutz oder Pflanzenpartikel werden nach manueller Auswahl durch den User dem Hintergrund oder dem Klebestreifen zugeordnet. Zum Schluss entfernt das Programm

alle Hintergrund- und alle Klebestreifenpixel, um den prozentualen Anteil der auf dem Klebestreifen vorhandenen Haare für jeden Klebestreifen/ROI zu berechnen. Nachdem alle ROIs analysiert wurden, können die Ergebnisse mit dem quantitativen Maß der Haardichte (%) exportiert werden (Abb. 2).

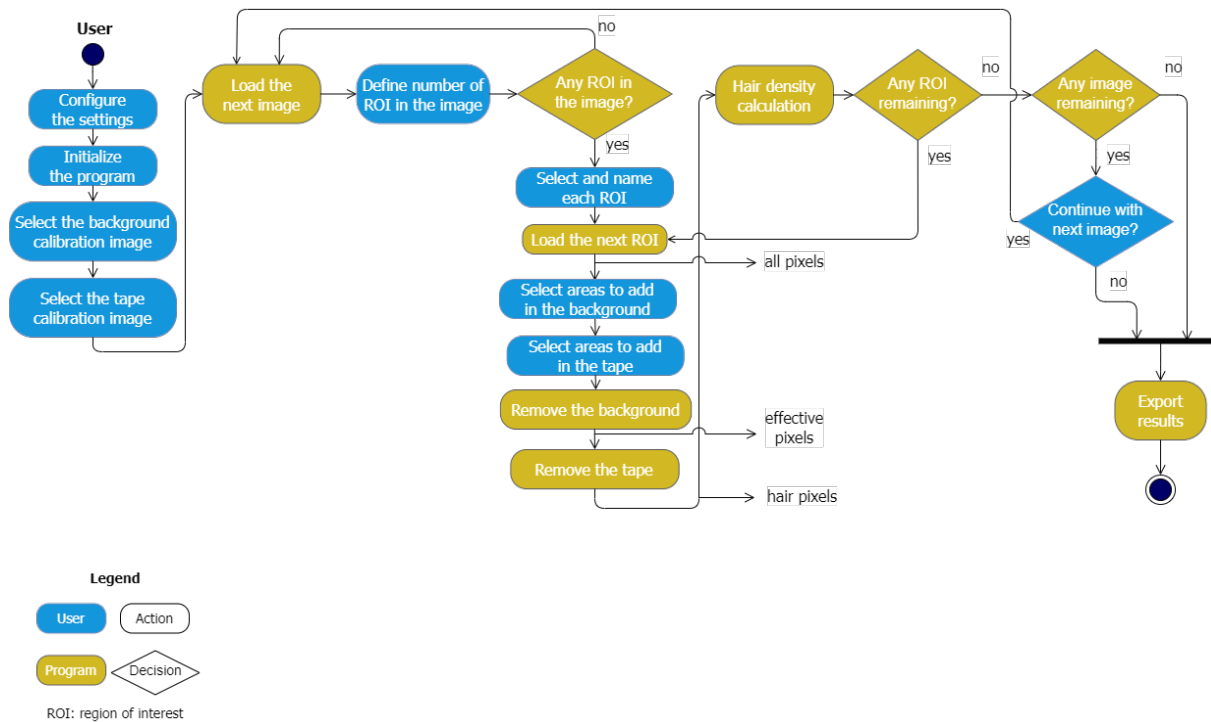


Abbildung 2: Programmablaufplan. Die verschiedenen Farben unterscheiden automatische Prozesse von erwarteten Benutzereingaben. Die abgerundeten Rechtecke bezeichnen Aktionen des Programms oder des Users und die Rauten bezeichnen Programmmentscheidungen. Die Haardichte wird als Verhältnis der Haarpixel zu den gesamten Klebestreifenpixeln (effektive Pixel) berechnet.

Zur Schätzung des absoluten Fehlers der automatischen Haardichteberechnung wurde eine Methode entwickelt und gleichzeitig die Reproduzierbarkeit dieser Methode berechnet. Für die Evaluierung wurden aus den Feldtests Klebestreifen mit unterschiedlicher Haardichte (niedrige bis hohe Dichte) ausgewählt. Für die Kalibrierung des Programms kamen Standardeinstellungen im RGB-Farbraum sowohl für den Hintergrund als auch den Klebestreifen zur Anwendung. Die automatische Berechnung mit dem Programm wurde 10-mal je Klebestreifen wiederholt, wobei darauf geachtet wurde, die Variabilität unterschiedlicher User mit einzubeziehen. Das arithmetische Mittel der Ergebnisse ergab den berechneten Wert der Haardichte. Aus der Standardabweichung der Ergebnisse erfolgte die Berechnung der Standardfehler des Mittelwertes. Zur Ermittlung einer möglichst realen Haardichte wurde versucht, möglichst alle Hintergrund- und Klebestreifenpixel zu markieren, so dass fast nur noch Haarpixel vorhanden waren. Dies ist ein aufwändiger manueller Prozess mit dem Ziel, die meisten Programmunsi-

cherheiten abzuschwächen. Die Abweichung der berechneten Haardichtewerte von den realen Werten war im betrachteten Haardichtebereich minimal (Abb. 3). Bei niedrigen Haardichten von <5 % war die Abweichung etwas höher (mittlerer Schätzfehler = 0,6) als bei höheren Werten von >10 % (mittlerer Schätzfehler = 0,1). Die Korrelation zwischen den realen und den berechneten Werten war positiv und nahezu perfekt ($R^2 = 0,99$).

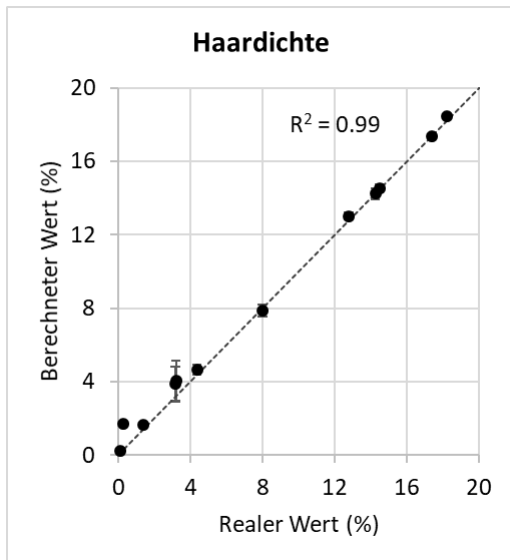


Abbildung 3: Korrelation zwischen dem realen Wert der Haardichte (%) und dem berechneten Wert der Haardichte (%). Die gestrichelte Linie zeigt eine perfekte Übereinstimmung der realen und der berechneten Werte (realer Wert der Haardichte = berechneter Wert der Haardichte). Die Fehlerbalken sind ± 5 Standardfehler.

3.1.3 Feldtest mit Haarröhren und Wildtierkameras

Haarröhren und Wildtierkameras (Moultrie M-40/50) wurden von Mai bis Juli 2023 in Hecken, in Weizenfeldern und im Grünland in der Umgebung von Münster zur Validierung ausgebracht. Um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten, grenzte jedes dieser Habitats an ein Rapsfeld an. Es wurden in drei aufeinanderfolgenden 24-Stunden Intervallen 5 Wiederholungen pro Habitat in der einen und weitere 5 Wiederholungen in der darauffolgenden Woche durchgeführt ($n=10$ pro Habitat), wobei dieser Ablauf viermal wiederholt wurde. Die Haarröhren wurden in Transekte mit 10 m Abstand in jeder der Wiederholungen in den Habitats nahe der Rapsflächen ausgelegt. Nach jedem Versuchsdurchlauf wurden die Haarröhren eingesammelt, die Klebestreifen entfernt und die gescannten Bilder mit dem Programm für die Haardichte analysiert. Das Aufstellen der Wildtierkameras erfolgte so, dass sie auf eine der mittleren Haarröhren jeden Transekts ausgerichtet waren. Zur Zählung und Identifizierung von Nagetieren auf den Kamerabildern wurde die Software Agouti© (Copyright 2022, Agouti.eu) verwendet. Um zu minimieren, dass das gleiche Individuum mehrfach gezählt wurde, wurden weitere Kameraauslösungen nach der Aufnahme eines Bildes für einen Zeitraum von 10 Minuten außer Acht gelassen.

Im Februar/März 2024 wurde Paper: Dürger, J.; Kazasidis, O.; Brotier, H.; Jacob, J. (2024) Evaluation of rodent hair tubes for activity indices. *Animals*, 14, 843. <https://doi.org/10.3390/ani14060843> veröffentlicht. Dabei geht es um eine halbautomatische Auswertung von Klebestreifen mit Nagetierhaar aus Haarröhren mit Hilfe eines im Projekt entwickelten Computerprogramms und dem Vergleich der Ergebnisse von Haarröhren mit den Aufnahmeergebnissen von Wildtierkameras.

3.2 Versuchsstandorte der Praxisversuche zum Schadnagermanagement

Die Praxisversuche zu nicht-chemischen Verfahren zum Management von Schadnagern wurden auf ökologisch bewirtschafteten Praxisbetrieben im Westen von Nordrhein-Westfalen durchgeführt (Abb. 4). Die Auswahl der Standorte erfolgte durch die LWK NRW in Abstimmung mit den beteiligten Betrieben. Die Böden der Standorte wiesen überwiegend lehmige bis sandige Lehmstrukturen auf. Der Möhrenanbau erfolgte nach ökologischen Richtlinien ohne Einsatz chemisch-synthetischer Pflanzenschutzmittel. Die Pflege der Versuchsanlagen (Unkrautregulierung, Freihaltung der Grabenränder) erfolgte betriebsüblich mechanisch oder thermisch. Die Versuchsdurchführung fand während der Vegetationsperioden 2023 bis 2025 unter praxisnahen Witterungsbedingungen statt. Die Versuchsanlagen umfassten Möhrenflächen mit einer Größe von jeweils ca. 2 bis 15 ha, die in Abhängigkeit der betrieblichen Gegebenheiten und der Fruchtfolgen variierten. Auf jeder Möhrenfläche wurden in der Regel jeweils zwei Versuchsplots angelegt. Die systematische Erfassung der Schadniveaus in den Versuchsplots erfolgte in definierten Entfernungen zur Feldkante, da Nager wie die Feldmaus typischerweise aus angrenzenden Refugien in die Kultur einwandern (s. h. Abschnitt 3.4).

Die Anlage der Versuche war über den gesamten Zeitraum durch einen Mangel an ökologischen Möhrenflächen geprägt. Die Anzahl geeigneter Flächen variierte daher erheblich zwischen den Versuchsjahren.

- 2023 standen nur Möhrenflächen für orientierende Bonituren zur Verfügung. Es wurden drei Flächen mit und drei ohne Graben (Kontrolle) untersucht. Diese Flächen wurden jedoch vollumfänglich in die Kosten-Nutzen-Abschätzung einbezogen.
- 2024 konnten an fünf unterschiedlichen Standorten (Hottorf, Jackerath, Korschenbroich, Niederkrüchten und Rommerskirchen) auf acht Möhrenflächen 17 Versuchsplots eingerichtet werden.

- 2025 wurden an vier unterschiedlichen Standorten (Hottorf, Jackerath, Kleinenbroich/Korschenbroich und Rommerskirchen) auf sieben Möhrenflächen alle umsetzbaren Varianten getestet. Drei zusätzliche Möhrenflächen in Niederkrüchten, die als Kontrolle dienen sollten, entfielen im Jahr 2025, da der Betrieb auf diesen Flächen auf frühreife Möhrensorten umgestellt hatte, die bereits Mitte bis Ende August geerntet wurden und daher nicht mehr bonitiert werden konnten.

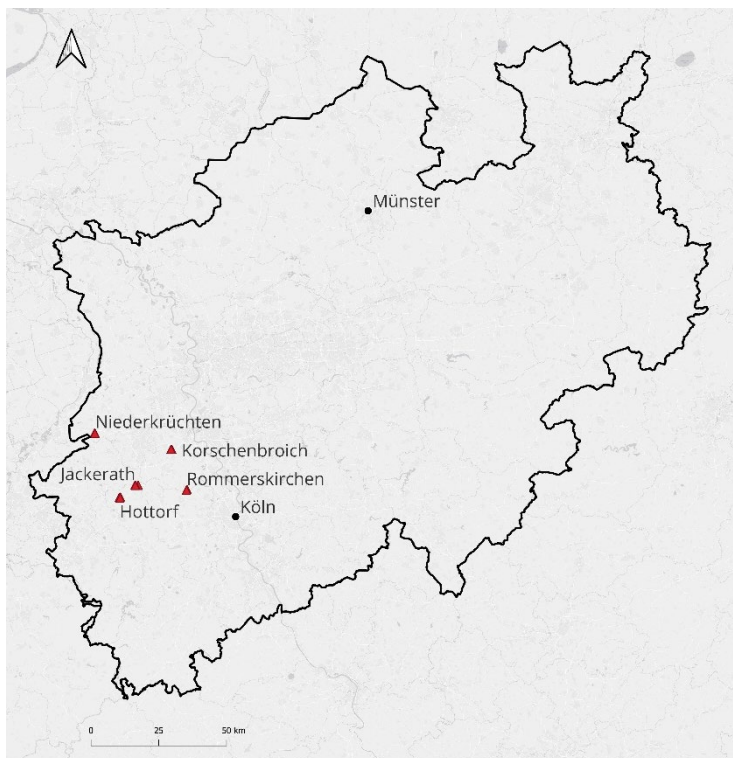


Abbildung 4: Standorte (rote Dreiecke) in 2024 und 2025 in Nordrhein-Westfalen.

3.3 Getestete Varianten in den Praxisversuchen

Im Projekt konnten aufgrund der betrieblichen und organisatorischen Rahmenbedingungen ausschließlich folgende Barrierevarianten umgesetzt werden:

- Kontrolle (2023-2025) – ohne extra Maßnahme
- Mäusegraben (2023-2025) – mechanische Barriere
- Rhizomsperre (2025) – ober- und unterirdische Kunststoffbarriere

Andere ursprünglich geplante Maßnahmen (Anhäufeln, Biozement) mussten verworfen werden, da ihre Umsetzung unter ökologischen Praxisbedingungen nicht realisierbar war. Eine rein oberirdische Barriere („Krötenzaun“) entfiel aufgrund zu weniger Möhrenflächen, zudem wurde der Ansatz von den teilnehmenden Landwirten im Projektverlauf als eher wenig vielversprechend eingeschätzt.

Versuchsaufbau und Umsetzung der Maßnahmen

Alle baulichen Maßnahmen wurden vor der Ernte angrenzender Getreideflächen installiert. Hintergrund ist die verstärkte Einwanderung von Feldmäusen in Möhrenbestände direkt nach der Getreideernte. Die Barrieren hatten somit das Ziel, diese Wanderbewegung einzudämmen.

Mäusegraben (mechanische Barriere)

Die Mäusegräben (Abb. 5) wurden von den beteiligten Landwirten selbst oder durch beauftragte Subunternehmer mit Grabenfräsen angelegt. Die Fertigstellung erfolgte so, dass die Barriere spätestens zur Getreideernte funktionsfähig war. Die Gräben befanden sich entweder um das gesamte Feld oder an den Ackerrändern an der erwarteten Haupteinwanderungsrichtung der Mäuse.



Abbildung 5: Mäusegraben 2023
(Foto: Reising-Hein)

Technische Spezifikationen:

- Tiefe: ca. 40–60 cm
- Breite: ca. 15–25 cm
- Profil: V- oder U-förmig, abhängig vom eingesetzten Gerät
- Einfahrt zur Fläche durch z.B. Plane geschützt, auslaufende Grabenenden

Rhizomsperre (ober- und unterirdische Barriere)

Die Rhizomsperre wurde als durchgehende mechanische Barriere entlang der Ackerränder installiert, um die Einwanderung von Feldmäusen aus angrenzenden Flächen zu verhindern. Sie dient sowohl als unterirdisches Hindernis gegen Unterwanderung als auch als oberirdische Barriere gegen Überstieg. Die Installation erfolgte vor der Ernte benachbarter Getreideflächen.

Technische Spezifikationen:

- Material: High-Density Polyethyle (HDPE), wurzelfest, 2 mm Wandstärke, Höhe ca. 75 cm
- Lieferform: Rollenware, 25 m Länge pro Rolle, aufgewickelt
- Einbautiefe im Boden: ca. 40 cm
- Überstand über Bodenoberfläche: ca. 30 cm

Die Installation der Rhizomsperre erfolgte entlang der Ackerränder der ausgewählten Möhrenflächen. Aufgrund der Materialstärke und Gesamthöhe war der Einbau arbeitsintensiv und erforderte präzise Erdarbeiten. Die Umsetzung erfolgte durch die LWK NRW mit Unterstützung der jeweiligen Landwirte.

Entlang der geplanten Barrierelinie wurde ein schmaler, geradliniger Bodenschlitz mittels eines GeoTrencher-Systems ausgehoben (Abb. 6). Die Schlitzbreite wurde auf 38 mm festgelegt, um die Handhabung und das Einführen der 2-mm-HDPE-Sperre zu erleichtern. Die Aushubtiefe betrug ca. 40 cm und orientierte sich an der vorgesehenen Einbautiefe der Sperre.

Eingesetzte Technik: GeoTrencher-System, bestehend aus:

- GEOTRENCHER® GT700 mit
- HUSQVARNA® K970
- Grabkette (Breite 38 mm)
- Schwertlänge 70 cm
- GeoCart zur Führung des Grabens und zum Ziehen langer, gerader Schlitzabschnitte

Diese Konfiguration ermöglichte einen gleichmäßigen Aushub über längere Distanzen entlang der Ackerrandlinien.



Abbildung 6: Einsatz des GeoTrencher-Systems (Foto: Pfennig)

Für das Einsetzen der HDPE-Rhizomsperre wurden die 25-m-Rollen abgerollt und abschnittsweise in den vorbereiteten Schlitz eingesetzt. Die Rhizomsperre wurde senkrecht, glatt und ohne Deformationen und Lücken positioniert und stoßend eingebracht.

Nach dem Einbau ragten etwa 35 cm der Rhizomsperre über die Bodenoberfläche hinaus (Abb. 7). Die Oberkante blieb geradlinig und frei von Erdablagerungen oder Pflanzenmaterialien. Um die Stabilität des Überstandes zu gewährleisten, wurden in Abständen von ca. 2 m Bambusstäbe in den Boden eingeschlagen und mit der Sperre verbunden. Dies verhinderte ein Umknicken oder Neigen des oberen Abschnitts durch Wind oder Bodensetzungen.



Abbildung 7: Rhizomsperre entlang des Möhrenfelds (Foto: Pfennig)

3.4 Erfassung der Mäuseaktivität (HSA)

Die Erfassung der Mäuseaktivität sowie die Datenauswertung wurde durch die Hochschule Anhalt (HSA) durchgeführt. Die Datenerfassung erfolgte mittels zweier standardisierter Monitoringverfahren:

Lochtretmethode

Die Lochtretmethode dient der direkten Einschätzung der Mäuseaktivität in den Beständen vor dem Einsatz der Barriere-Maßnahmen. In den Möhrenflächen und im angrenzenden Refugium wurden auf jeweils ca. 250 m² (16 m x 16 m) an der Position der späteren Versuchsplots alle vorhandenen Mäuselöcher zugetreten bzw. mit Erde verschlossen und nach 24 Stunden die wiedergeöffneten Mäuselöcher gezählt. Die Methode wurde im Juni 2024 und Juli 2025 auf den Versuchsflächen angewendet.

Haarröhren

Zur nicht-invasiven Erfassung der Mäuseaktivität wurden Haarröhren (s. h. Abschnitt 3.1.1) in den einzelnen Versuchsplots mit und ohne Maßnahmen ausgelegt. 2023 war der Einsatz vorgesehen, konnte jedoch nicht umgesetzt werden. 2024 und 2025 wurden die Haarröhren wie geplant eingesetzt. Im August und September 2024 wurden jeweils 680 Haarröhren ausgebracht, im Oktober waren es auf Grund der beginnenden Ernte 320 ausgelegte Haarröhren. Im Jahr 2025 wurden weniger Haarröhren als in 2024 ausgelegt, weil drei Kontrollflächen entfielen, da der entsprechende Betrieb auf frühreife Möhrensornten umgestellt hatte und daher die Ernte schon Mitte bis Ende August erfolgte. Im August wurden somit 520 Haarröhren ausgebracht und 480 Haarröhren im September, da eine weitere Fläche mit frühen Möhren bereits geerntet wurde. Im Oktober waren es dann auf Grund der beginnenden Ernte 320 ausgelegte Haarröhren.

Ein Versuchsplot bestand aus 4 Transekten mit jeweils 10 ausgelegten Haarröhren. Ein Transekt befand sich im angrenzenden Refugium außerhalb der jeweiligen Möhrenflächen, die übrigen 3 Transekte lagen innerhalb der Möhrenfläche in 5, 15 und 30 m Entfernung zum Ackerand bzw. Migrationsbarriere (Abb. 8). Die Haarröhren wurden für jeweils eine Woche im August, September und Oktober 2024 und 2025 ausgelegt. Da in beiden Jahren im Oktober schon ein Teil der Möhrenflächen abgeerntet wurde, konnten die Haarröhren nur auf einem Teil der Versuchsplots ein drittes Mal ausgelegt werden.

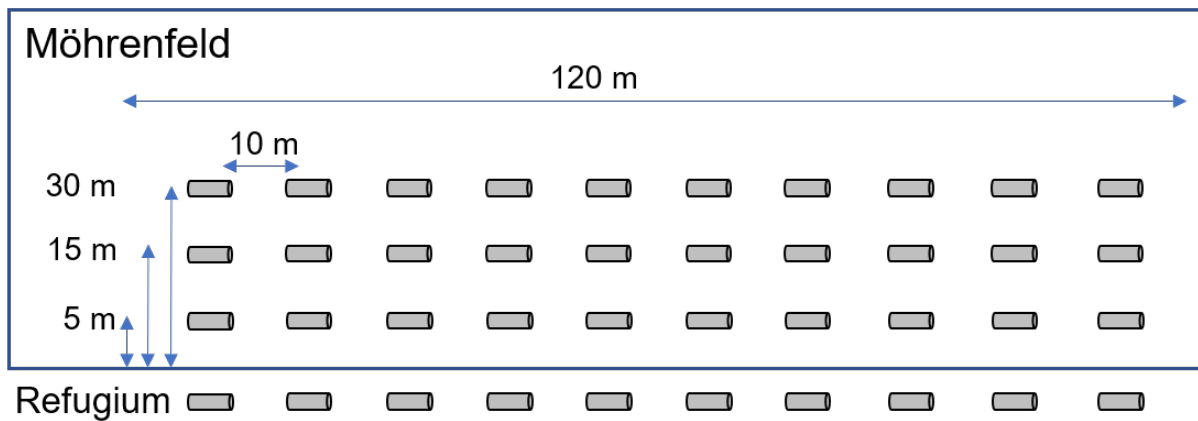


Abbildung 8: Anordnung der Versuchsplois in Transekten. Jeweils 10 Haarröhren wurden in vier Transekten (Refugium, 5 m, 15 m, und 30 m in der Möhrenfläche) ausgelegt. Sowie Boniturschema zur Erfassung der Kopffraßschäden an Möhrenpflanzen.

3.5 Bonituren der Kopffraßschäden (LWK NRW)

Die Erfassung der Kopffraßschäden an Möhrenpflanzen erfolgte durch die LWK NRW nach einem standardisierten, über alle Versuchsjahre einheitlich angewendeten Boniturschema. Ziel war die systematische Erfassung der Schadniveaus in definierten Entfernungen zur Feldkante, da Feldmäuse typischerweise aus angrenzenden Habitaten in die Kultur einwandern. Die Boniturdiensten dienen als Grundlage für die deskriptive Auswertung in Abschnitt 4 sowie zur Weitergabe an HSA (Aktivitätseinordnung) und JKI (ökonomische Bewertung).

Boniturabstände und Erfassungsumfang

Die Bonituren wurden in drei festgelegten Entfernungsstufen zum Ackerrand durchgeführt, in denselben Versuchsplois in denen auch die Haarröhren ausgelegt wurden (Abb. 8):

- 5 m – Randbereich mit erwarteter höchster Mäuseaktivität
- 15 m – Übergangsbereich
- 30 m – Innenbereich des Schlages

In jeder dieser Entfernungsstufen wurde ein 120 m langes Transekt angelegt. Entlang dieses Transektes wurden alle 10 m Boniturspunkte gesetzt. An jedem Boniturspunkt wurde ein 1 m langer Abschnitt des Möhrendamms vollständig bonitiert, indem alle Pflanzen einzeln auf Kopffraß kontrolliert wurden. Damit ergaben sich pro Transekt 12 Boniturspunkte a 1 m pro Bereich und somit insgesamt 36 m Boniturlänge pro Fläche (3 Entfernungsstufen × 12 Punkte). Dieses Schema wurde in allen Jahren identisch angewendet und bildete die Datengrundlage für die vergleichende Schadensbewertung.

Bonituren nach Versuchsjahren

2023 – orientierende Bonituren:

Im Jahr 2023 standen keine regulär vorbereiteten Versuchsflächen zur Verfügung. Die Erhebung diente in erster Linie dazu, erste Anhaltspunkte zur Verteilung der Kopffraßschäden in der Kultur und zur potenziellen Wirkung der Variante Mäusegraben gegenüber der Kontrollvariante zu erhalten. Daher wurden orientierende Bonituren auf insgesamt sechs Flächen durchgeführt (je drei mit und ohne Graben). Die Flächen wurden von zwei Seiten, bzw. zwei unterschiedlichen angrenzenden Kulturen betrachtet. Zum einen von der erwarteten Haupteinwanderungsrichtung (Bspw. Weizen, Gerste, Raps, Grünland, Weide) und zum anderen von einer Seite, aus der weniger Einwanderung vermutet wurde (Bspw. Kartoffel, Zuckerrübe, Edamame, Mais). Das vollständige Boniturschema (5 m / 15 m / 30 m, 120 m Transekten) wurde bereits angewandt und diente der Vorbereitung der regulären Bonituren in 2024.

2024 – reguläre Bonituren:

Im Jahr 2024 konnte ab Ende August mit den Bonituren nach dem gleichen Schema wie im Jahr 2023 begonnen werden. Zuvor waren die Möhrenköpfe noch nicht zu sehen. Insgesamt wurde auf 17 Versuchsplots je zweimal bonitiert:

- 13 Plots mit der Variante Mäusegraben
- 4 Plots als Kontrollvariante

Die Rhizomsperre konnte aufgrund von Problemen bei der Materialbeschaffung noch nicht installiert werden und wurde daher nicht bonitiert.

2025 – reguläres Jahr mit allen Varianten:

Im Jahr 2025 standen insgesamt 14 Versuchsplots zur Verfügung. Die Varianten verteilten sich wie folgt:

- 2 Plots Kontrolle
- 2 Plots Rhizomsperre
- 10 Plots Mäusegraben

Alle Plots wurden mindestens zweimal bonitiert. Auf Plots, deren Möhrenbestände länger im Feld standen, wurden drei Bonituren durchgeführt. Die Bonituren erfolgten gemäß dem standardisierten Transektverfahren. Damit stellt 2025 das einzige Projektjahr dar, in dem alle realisierbaren Varianten vollständig installiert und bonitiert wurden.

3.6 Ertragsstichproben (LWK NRW)

Die Ertragsstichproben dienen der Erfassung des Nettoertrags sowie der Bewertung der Vermarktungsfähigkeit und der durch Nager verursachten quantitativen und qualitativen Ertragsverluste. Die Durchführung und Auswertung der Ertragsstichproben lagen im Verantwortungsbereich der LWK NRW.

2023 – keine Ertragsstichproben

Im Jahr 2023 konnten aufgrund der fehlenden regulären Versuchsfelder keine Ertragsstichproben durchgeführt werden. Die Bonituren erfolgten ausschließlich orientierend, um die grundlegende Schadenssituation zu erfassen und die Planung für die Folgejahre vorzubereiten.

2024 – Ertragsstichproben auf 8 von 17 Versuchsplots

Im Versuchsjahr 2024 wurden auf 8 der 17 Versuchsplots Ertragsstichproben wie folgt durchgeführt.

Das gesamte Erntegut wurde auf definierten Teilflächen von 1 m² der jeweils bonitierten Plots entnommen. Die Möhren wurden zur besseren Erkennung von Fraßschäden und Qualitätsmängeln gewaschen und in folgende Kategorien gemäß Vermarktungsstandards sortiert:

- Extra
- Klasse I
- Klasse II
- Ausschuss (beinig, zu groß/klein, Deformation, Infektionen, mechanische Schäden)
- Angefressene Möhren (durch Feldmaus verursacht)

Das Gewicht der Möhren je Klasse wurde ermittelt und zur Berechnung des Nettoertrags je Fläche sowie Hochrechnung auf dt/ha verwendet.

2025 – keine Ertragsstichprobe

Im Jahr 2025 wurde bewusst auf eine Ertragsstichprobe verzichtet. Die Entscheidung basierte auf den bereits 2024 sehr niedrigen Fraßschäden (1,16 %), den minimalen Kopffraßwerten 2025 ($\leq 0,59$ %), der erneut äußerst geringen Mäuseaktivität, dem hohen zeitlichen und logistischen Aufwand der Ernteprobenahme. Unter diesen Bedingungen war nicht zu erwarten, dass zusätzliche Stichproben einen relevanten Erkenntnisgewinn liefern würden und die Ertragszahlen der Betriebe ausreichen.

3.7 Methodik der Kosten-Nutzen-Abschätzung

Mit der Kosten-Nutzen-Abschätzung wurden die im Projekt untersuchten Mäusemanagementmaßnahmen im ökologischen Möhrenanbau auf Schlagebene wirtschaftlich bewertet. Die dafür erhobenen Primärdaten und der Vergleich „Gräben“ vs. „Kontrolle“ basierten auf Bedingungen der ökologischen Praxisversuche. Ergänzend wurden annahmenbasierte Szenarienrechnungen auf Grundlage der beschriebenen Datengrundlage durchgeführt. Dabei wurden zentrale Parameter gegenüber der Baseline (Basisrechnung ohne zusätzliche Szenarioannahmen) gezielt variiert.“. Nur *Szenario 1 – Integrierter Anbau* geht über den ökologischen Anbau hinaus, da hier ein integrierter Anbau simuliert wurde. Dabei wurden sowohl die Produktionskostenstruktur (Direkt- und Arbeitserledigungskosten; DAEK) als auch die Ertrags- und Preisannahmen aus dem KTBL-Verfahren „integrierter Anbau“ übernommen (KTBL 2025b). Zusätzlich wurden die Kosten einer Rodentizid-Anwendung berücksichtigt. *Szenario 2 – Intensive Grabeninstandhaltung* und *Szenario 3 – Zeitraum: 5 Jahre* beziehen sich auf den ökologischen Möhrenanbau. Dabei variierte *Szenario 2 – Intensive Grabeninstandhaltung* die Wirksamkeit der Mäusemanagementmaßnahmen, während *Szenario 3 – 5-Jahres-Zeitraum* die zeitliche Dynamik und Höhe der Fraßschäden abbildete. *Szenario 2 – Intensive Grabeninstandhaltung* simuliert eine besonders engmaschige Überwachung und zeitnahe Wiederinstandsetzung der Gräben (z. B. nach Starkregen bei eingefallenen Gräben). Hierfür wurden zusätzliche Kosten für den erhöhten Personaleinsatz berücksichtigt. *Szenario 3 – Zeitraum: 5 Jahre* bildete die typische wellen- bzw. peakförmige Entwicklung von Feldmauspopulationen über fünf Jahre ab und berücksichtigte die daraus resultierenden, jährlich schwankenden Fraßschäden (Tab. 1).

Tabelle 1: Szenarien-Übersicht

Szenario	Bezugsrahmen	Was wird variiert?	Zentrale Annahmen / Unterscheidungsmerkmale
1 – Integrierter Anbau	verlässt ökologischen Bezugsrahmen	Systemwechsel: „integriert“ statt „ökologisch“	KTBL-Verfahren „integrierter Anbau“ als Grundlage für DAEK / Produktionskostenstruktur, Ertrags- und Preisannahmen; zusätzlich Kosten einer Rodentizid-Anwendung berücksichtigt
2 – Intensive Grabeninstandhaltung	ökologisch	Wirksamkeit der Maßnahme durch intensive Instandhaltung	Besonders intensive Überwachung und schnelle Wiederinstandsetzung der Gräben; zusätzlicher Personaleinsatz und zusätzliche Kosten berücksichtigt
3 – 5-Jahres-Zeitraum	ökologisch	Zeitliche Dynamik der Fraßschäden über mehrere Jahre	Abbildung einer wellenartigen/peak-förmigen Populationsdynamik von Feldmäusen und somit jährlich schwankende Fraßschäden (Dynamik und Höhe) über 5 Jahre

3.7.1 Datengrundlage

Die monetäre Bewertung basierte auf projektintern erhobenen Primärdaten aus den Praxisversuchen sowie ergänzenden Sekundärdaten aus der Agrarstatistik. Die für die Kosten-Nutzen-Abschätzung verwendeten quantitativen Primärdaten umfassten Fraßschäden aus Felderhebungen, den Zeitaufwand der Lochtretmethode, Nettoerträge und Erzeugerpreise aus Landwirtfragebögen sowie die Kosten der Mäusemanagementmaßnahmen (MMK, u. a. Grabenziehen, Einfahrten, Instandhaltung, entgangener Nutzen durch Flächenverlust) aus Fragebögen und Interviews. Der entgangene Nutzen durch Flächenverlust wurde auf Grundlage eines entlang der Gräben angesetzten 3 m breiten, nicht bewirtschafteten Streifens berechnet (Interview „BM“, Dezember 2024, S. 4). Die entsprechende Verlustfläche je ha wurde plotbezogen aus der Grabenlänge abgeleitet ($\text{m}^2/\text{ha} = \text{m}/\text{ha} \times 3$). Anschließend wurde die entgan-

gene Leistung als Produkt aus Ertragsverlust und Erzeugerpreis ermittelt (entgangene Leistung [€/ha] = Ertragsverlust [t/ha] × Erzeugerpreis [€/t]). Qualitative Felddaten (u. a. Funktionsfähigkeit der Maßnahmen, Verunkrautung, Umfeld- und Witterungsbedingungen) dienten der Ergebnisinterpretation und wurden nicht monetarisiert und zur Plausibilisierung der Primärdaten sowie zur Einordnung von Ausreißern (z. B. Trockenheit, starke Verunkrautung) genutzt. Ergänzend wurde zur qualitativen Einordnung potenzieller indirekter Effekte eine projektbegleitende, nicht-systematische Literaturlauswertung vorgenommen. Einbezogen wurden einschlägige Fachliteratur, projektbezogene Sachquellen und interviewbasierte Hinweise, die im Zeitraum von 06/2023 bis 12/2025 fortlaufend gesichtet und ausgewertet wurden.

Sekundärdaten wurden zur Bestimmung der Produktionskosten und zur Ableitung von Kalkulationswerten einzelner Annahmen eingesetzt. Zentral war die KTBL-Leistungs-Kostenrechnung Pflanzenbau zur Ableitung der Direkt- und Arbeitserledigungskosten (DAEK) für ökologische bzw. integrierte Verfahren (alle anderen Kostenpositionen außer MMK im ganzen Anbauverfahren) (DAEK ökologisch: 10.742,34 €/ha; DAEK integriert: 14.904,59 €/ha). Weitere Sekundärquellen stützten die in den Szenarien verwendeten Zeit-, Häufigkeits- und Kostenansätze. Hierzu zählten unter anderem ISIP zur Monitoring-Methodik, Produktinformationen zu Ratron zur Arbeitsleistung der Rodentizid-Anwendung, das Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) zum Mindestlohn sowie Sachquellen zu Gerätekosten (ISIP 2025; ISIP NRW o. J.; frunol delicia o. J.; BMAS 2024). Eine vollständige Übersicht der verwendeten Kalkulationswerte und Quellen wurde im Anhang dokumentiert.

Für die Ergebnisdarstellung werden die DAL-Werte in jahresübergreifenden Vermarktungszeiträumen ausgewiesen (2023–2024, 2024–2025, 2025–2026). Hintergrund ist, dass Spätmöhren typischerweise bis in den März des Folgejahres abverkauft werden und Erträge sowie Erlöse daher dem jeweiligen Vermarktungszeitraum zuzuordnen sind. Die Kosten der MMK werden dagegen nach Kalenderjahren dargestellt (2023, 2024, 2025), da diese Aufwendungen innerhalb der Vegetationsperiode bzw. bis zum Winter anfallen und damit eindeutig einem Jahr zugeordnet werden können.

3.7.2 Baseline als Referenzdatensatz

Für Varianten- und Szenariovergleiche wurde eine Baseline definiert. Sie diene als gemeinsame Vergleichsbasis und führte die erhobenen Felddaten der beiden Praxisvarianten „Gräben“ und „Kontrolle“ mit den verfahrensspezifischen Produktionskostenblöcken (Fraß, Nettoertrag, Erzeugerpreise, MMK) zusammen (Tab. 2). Im Zeitraum 2025–2026 wiesen 2 von 6 „Graben“-Plots aufgrund von Trockenheit und starker Verunkrautung extrem niedrige Ertragswerte auf. Diese Ausreißererträge wurden in der Baseline nicht direkt berücksichtigt, sondern als arithmetischer Mittelwert aller „Graben“-Plot-Erträge aus den Jahren 2023–2024 und 2024–2025 berechnet, um auch für diesen Zeitraum plausible Berechnungen durchführen zu können.

Tabelle 2: Baseline-Parameter

Parameter (Definition)	Einheit	Gräben	Kontrolle	Quelle
Erzeugerpreis (arithm. Mittel der Jahresmittelwerte 2023–2024 und 2024–2025)	€/t	430,40	424,17	Primärdaten: JKI-Fragebögen (Preise), projektinterne Auswertung
Nettoertrag (arithm. Mittel der Jahresmittelwerte 2023–2024 und 2024–2025)	t/ha	40,51	42,28	Primärdaten: JKI-Fragebögen (Erträge), projektinterne Auswertung
Fraßschäden (arithm. Mittel der Jahresmittelwerte 2023–2024 und 2024–2025)	%	3,02	2,69	Primärdaten: LWK NRW Feldderhebungen (Bonituren), projektinterne Auswertung
DAEK (KTBL ökologisch; Produktionskostenblock)	€/ha	10.742,34	10.742,34	Sekundärdaten: KTBL-LKR Pflanzenbau (ökologisches Verfahren; Erstellung 20.11.2025)

3.7.3 Konzept zur Kosten-Nutzen-Abschätzung

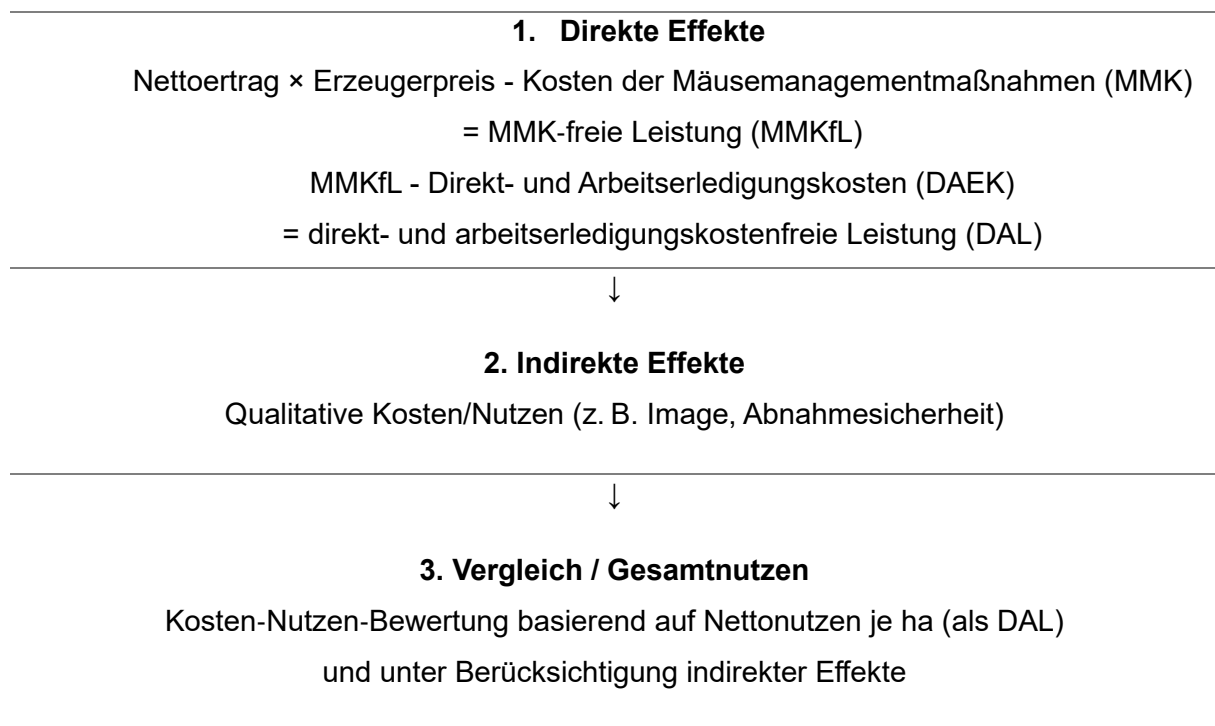


Abbildung 9: Schematische Darstellung des Konzepts zur Kosten-Nutzen-Abschätzung

Die monetäre Bewertung der direkten Effekte erfolgte in zwei Schritten. Zunächst wurde die mäusemanagement-maßnahmenkostenfreie Leistung (MMKfL) als Differenz aus der Leistung je ha (Nettoertrag × Erzeugerpreis) und den MMK je ha berechnet (siehe Abb. 9). Anschließend wurden von der MMKfL die Direkt- und Arbeitserledigungskosten (DAEK) abgezogen, sodass die direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) als zentrale Ergebnisgröße je ha herangezogen wurde. Indirekte Effekte, die nicht unmittelbar monetär erfasst werden können, wurden qualitativ beschrieben und in der Ergebnisdarstellung berücksichtigt. Der direkte wirtschaftliche Effekt einer Maßnahme wurde über den Vergleich der DAL-Werte ausgewiesen (z. B. Ø DAL „Gräben“ vs. Ø DAL „Kontrolle“, jeweils in €/ha). Für mehrjährige Zeiträume wurden arithmetische Mittel der saisonalen Jahresmittelwerte gebildet (z. B. 2023–2024, 2024–2025), wobei jede Saison gleich gewichtet in den Zeitraumwert einging.

3.7.4 Szenariorechnung – Fraß-basierte Rückrechnung des Nettoertrags

Szenarien wurden als gezielte Parameteränderungen gegenüber der Baseline berechnet. Zentrale Stellgröße war jeweils das Fraßniveau, das aus der angenommenen Mäusepopulation und der daraus resultierenden Wirksamkeit der Mäusemanagementmaßnahmen abgeleitet wurde. Die monetäre Szenariorechnung folgte dabei einem einheitlichen Berechnungs- und Ableitungsprinzip:

- Fraßanpassung → Ableitung Nettoertrag → MMKfL → DAL

Die Ableitung des Nettoertrags erfolgte je nach Anbauverfahren unterschiedlich. Für Szenarien im ökologischen Anbau (*Szenario 2 – Intensive Grabeninstandhaltung*; *Szenario 3 – 5-Jahres-Zeitraum*) wurde zunächst variantenbezogen (d. h. getrennt für „Gräben“ und „Kontrolle“) ein fraßfreier Referenz-Nettoertrag aus den Baselinewerten rückgerechnet und anschließend mit dem szenariospezifischen Fraßniveau angepasst:

- Nettoertrag (fraßfrei, Variante) = Nettoertrag (Baseline, Variante) / (1 – Fraß (Baseline, Variante))
- Nettoertrag (Szenario, Variante) = Nettoertrag (fraßfrei, Variante) × (1 – Fraß (Szenario, Variante))

Im *Szenario 1 – Integrierter Anbau* wurde dagegen ein gegebener Referenzertrag aus dem KTBL-Verfahren zugrunde gelegt; der Nettoertrag ergab sich direkt durch Anwendung der angenommenen Fraßschäden auf diesen Referenzertrag:

- Nettoertrag (integriert, Variante) = Ertrag (KTBL) × (1 – Fraß (integriert, Variante))

Anschließend wurden MMKfL und DAL wie in Abschnitt 3.5.3 beschrieben berechnet.

3.7.5 Szenario 1 – Integrierter Anbau mit Rodentizid-Anwendung

Szenario 1 – Integrierter Anbau bildete ein integriertes Verfahren ab, in dem in beiden Varianten ein Rodentizideinsatz (Lochbehandlung) angesetzt wurde. Die Varianten unterschieden sich dabei wie im Versuchssystem: In der Variante „Gräben“ wurde zusätzlich die Mäusemanagementmaßnahme „Graben“ (inkl. zugehöriger Kostenkomponenten) berücksichtigt, während die Variante „Kontrolle“ ohne Grabenmaßnahme simuliert wurde. Diese Parametrisierung wurde gewählt, weil der Rodentizideinsatz im integrierten Anbau in der Praxis eine gängige Maßnahme darstellt und Gräben dort ebenfalls als ergänzende Mäusemanagementmaßnahme eingesetzt werden; das Szenario bildete somit eine praxisnahe Kombination von Maßnahmen als Referenzrahmen außerhalb des ökologischen Anbaus ab (Tab. 3).

Tabelle 3: Szenarioannahmen – Szenario 1 – Integrierter Anbau mit den angesetzten rechenrelevanten Parameter sowie deren Quellen/Herkünfte

Parameter	Einheit	Wert	Quelle / Herleitung
Ertrag (KTBL, ohne Fraßschäden)	t/ha	60	KTBL LKR Pflanzenbau (Erstellung 20.11.2025): Möhren, Dammanbau, integriert, 2 ha, 10 km, 102 kW, mittlerer Boden
Erzeugerpreis (KTBL)	€/t	280	KTBL LKR Pflanzenbau (Erstellung 20.11.2025): integriertes Verfahren
DAEK (KTBL integriert; Produktionskostenblock)	€/ha	14.904,59	KTBL LKR Pflanzenbau (Erstellung 20.11.2025): Möhren, Dammanbau, integriert, 2 ha, 10 km, 102 kW, mittlerer Boden
Rodentizid-Anwendung (einmalig & inkl. Lochtretmethode)	€/ha	85,99	Projekt-Annahme (JKI): Kalkulation auf Basis Zeit-/Lohn- und Geräteansätzen; Sekundärquellen u. a. ISIP / BMAS / Ratron
Mäusemanagementmaßnahme Graben (Kostenkomponenten)	€/ha	gemäß Baseline (Variante „Gräben“)	Primärdaten (Baseline): MMK-Komponenten der Maßnahme „Graben“ aus Praxisvariante „Gräben“ (Fragebögen/Interviews; Auswertung JKI)
Fraßschäden	%	„Gräben“: 0,76; „Kontrolle“: 0,67	Projekt-Annahme (JKI): Reduktion auf 25 % der gemessenen Baseline-Fraßschäden (Öko-Primärdaten; LWK NRW Bonituren; Auswertung JKI): $0,25 \times 3,02 \%$ („Gräben“) bzw. $0,25 \times 2,69 \%$ („Kontrolle“)

3.7.6 Szenario 2 – Intensive Grabeninstandhaltung – ökologischer Anbau

Szenario 2 – Intensive Grabeninstandhaltung simulierte eine gegenüber der Baseline deutlich engmaschigere Überwachung und zeitnahe Wiederinstandsetzung der Gräben innerhalb des ökologischen Anbaus (z. B. nach Starkregen bei eingefallenen Gräben). „Intensiv“ wurde dabei über einen zusätzlichen Personal- und Zeitaufwand abgebildet, der als Kostenaufschlag ausschließlich für die Variante „Gräben“ angesetzt wurde (Variante „Kontrolle“ ohne Zuschlag).

Die Zusatzkosten wurden aus einem Arbeitszeitansatz von insgesamt 1.690 Arbeitsstunden für zwei Saisonkräfte über fünf Monate (Mai–September; 39 h/Woche) abgeleitet; bezogen auf eine Flächenbasis von 600 ha ergaben sich 2,82 h/ha. Multipliziert mit dem Brutto-Mindestlohn 2025 (12,82 €/h) resultierten zusätzliche Instandhaltungskosten von 36,15 €/ha (Tab. 4).

Tabelle 4: Szenarioannahmen – Szenario 2 – Intensive Grabeninstandhaltung mit den relevanten Annahmen sowie deren Quellen/Herkünfte

Parameter	Einheit	Wert	Quelle / Herleitung
DAEK (KTBL ökologisch; Produktionskostenblock)	€/ha	10.742,34	Sekundärdaten: KTBL LKR Pflanzenbau (Erstellung 20.11.2025): Möhren, Dammanbau, ökologisch, 2 ha, 10 km, 102 kW, mittlerer Boden
Zusatzkosten Grabeninstandhaltung (intensiv)	€/ha	„Gräben“: 36,15; „Kontrolle“: 0,00	Projektherleitung (JKI): 2 Saisonkräfte × 5 Monate (Mai–September) × 39 h/Woche ⇒ 1.690 h; bezogen auf 600 ha ⇒ 2,82 h/ha; × Brutto-Mindestlohn 2025 (12,82 €/h) ⇒ 36,15 €/ha. Quellen: Interview „BM“ (Dezember 2024), S. 2 (Saisonkräfte/Saisondauer/Fläche); Mindestlohn 2025 (BMAS)
Fraßschäden	%	„Gräben“: 0,30; „Kontrolle“: 2,69	Projekt-Annahme (JKI): „Gräben“ – Reduktion auf 10 % der gemessenen Baseline-Fraßschäden (Öko-Primärdaten; LWK NRW Bonituren; Auswertung JKI): 0,10 × 3,02 %; „Kontrolle“ – unverändert gegenüber Baseline (Öko-Primärdaten; LWK NRW Bonituren; Auswertung JKI): 2,69 %

3.7.7 Szenario 3 – Zeitraum: 5 Jahre – Ökologischer Anbau

Szenario 3 – Zeitraum: 5 Jahre übertrug die empirisch beobachteten Fraßschäden auf einen typischen mehrjährigen Populationszyklus der Feldmaus im ökologischen Anbau. Das Szenario wurde angesetzt, weil Feldmauspopulationen in der Praxis häufig wellen- bzw. peakförmig verlaufen und sich wirtschaftliche Effekte von Mäusemanagementmaßnahmen daher nicht zuverlässig aus ein- oder zweijährigen Beobachtungszeiträumen ableiten lassen. Der 5-Jahres-Zeitraum diene somit dazu, die ökonomische Bewertung unter realistisch schwankenden Befallsniveaus über mehrere Jahre abzubilden und die Robustheit der Ergebnisse gegenüber „Befallsjahren“ und „Peak-Jahren“ zu prüfen.

Extreme Ertragsverluste im Bereich von 50–100 % wurden nicht als reguläre Szenarioannahme angesetzt, da sie nach Literatur und Projektextpertise primär als Sonderfälle einzelner stark betroffener Flächen einzuordnen sind und in den vorliegenden Praxisdaten nicht als repräsentativer Mittelwert abgebildet werden. Stattdessen wurden für den 5-Jahres-Zyklus moderatere, aus den empirischen Beobachtungen abgeleitete Fraßniveaus verwendet (Jahr 1: 1,6 %, Jahr 2: 8 %, Jahr 3: 16 %, Jahr 4: 11 %, Jahr 5: 3 %) (Tab. 5).

Tabelle 5: Szenarioannahmen – Szenario 3 – Zeitraum: 5 Jahre mit den angesetzten Parametern und Annahmen sowie deren Quellen/Herkünfte

Parameter	Einheit	Wert	Quelle / Herleitung
DAEK (KTBL ökologisch; Produktionskostenblock)	€/ha	10.742,34	Sekundärdaten: KTBL LKR Pflanzenbau (Erstellung 20.11.2025): Möhren, Dammanbau, ökologisch, 2 ha, 10 km, 102 kW, mittlerer Boden
Fraßschäden (2023, Referenzjahr)	%	„Gräben“: 8,05; „Kontrolle“: 7,83	Projekt-Primärdaten: LWK NRW Bonituren 2023; Auswertung JKI („Gräben“: Mittelwert G1_23–G3_23; „Kontrolle“: Mittelwert K1_23–K3_23)
Interpretation Fraßschäden (2023, Referenzjahr)	—	Basisjahr = 50 % des Maximalschadens	Projekt-Annahme (JKI): Referenzjahr 2023 als halbes Maximum innerhalb eines 5-Jahres-Zyklus
Relatives Populationsprofil (normiert)	%	10 / 50 / 100 / 70 / 20	Sekundärdaten: BauernZeitung Schweiz (26.04.2020): „Schermäuse: Ausbrüche in Wellen“; projektinterne Abstraktion auf ein normiertes 5-Jahres-Profil (10/50/100/70/20)
Abgeleiteter Maximalschaden	%	„Gräben“: 16,10; „Kontrolle“: 15,67	Herleitung (JKI): $8,05 \% \div 0,50 = 16,10 \%$ („Gräben“); $7,83 \% \div 0,50 = 15,67 \%$ („Kontrolle“)
Fraßschäden Jahr 1 (10 % rel. Dichte)	%	„Gräben“: 1,61; „Kontrolle“: 1,57	Herleitung (JKI): $0,10 \times 16,10 \% = 1,61 \%$ („Gräben“); $0,10 \times 15,67 \% = 1,57 \%$ („Kontrolle“)
Fraßschäden Jahr 2 (50 % rel. Dichte)	%	„Gräben“: 8,05; „Kontrolle“: 7,83	Herleitung (JKI): $0,50 \times 16,10 \% = 8,05 \%$ („Gräben“); $0,50 \times 15,67 \% = 7,83 \%$ („Kontrolle“)
Fraßschäden Jahr 3 (100 % rel. Dichte)	%	„Gräben“: 16,10; „Kontrolle“: 15,67	Herleitung (JKI): $1,00 \times 16,10 \% = 16,10 \%$ („Gräben“); $1,00 \times 15,67 \% = 15,67 \%$ („Kontrolle“)
Fraßschäden Jahr 4 (70 % rel. Dichte)	%	„Gräben“: 11,27; „Kontrolle“: 10,97	Herleitung (JKI): $0,70 \times 16,10 \% = 11,27 \%$ („Gräben“); $0,70 \times 15,67 \% = 10,97 \%$ („Kontrolle“)
Fraßschäden Jahr 5 (20 % rel. Dichte)	%	„Gräben“: 3,22; „Kontrolle“: 3,13	Herleitung (JKI): $0,20 \times 16,10 \% = 3,22 \%$ („Gräben“); $0,20 \times 15,67 \% = 3,13 \%$ („Kontrolle“)

3.7.8 Break-even-Analyse

Die Break-even-Analyse quantifiziert, welche Fraßschaden-Differenz zwischen den Varianten „Gräben“ und „Kontrolle“ erforderlich wäre, damit beide Varianten wirtschaftlich gleichauf liegen. Ausgangspunkt ist, dass Unterschiede in Mäusepopulation bzw. Maßnahmenwirksamkeit zunächst zu unterschiedlichen Fraßschäden führen, daraus Ertragsunterschiede entstehen und sich diese schließlich in unterschiedlichen DAL-Werten widerspiegeln. Methodisch wird daher die beobachtete bzw. angesetzte wirtschaftliche Lücke (Δ DAL) zwischen den Varianten in eine äquivalente Ertragsdifferenz und anschließend in eine erforderliche Fraßschaden-Differenz (in %-Punkten) umgerechnet. Die Berechnung erfolgt je betrachteten Zeitraum/Ansatz auf Basis der jeweiligen Mittelwerte (DAL, Preis und Nettoertrag).

Hinweis: „Mittelwerte“ beziehen sich auf die jeweils im betrachteten Berechnungsansatz und Zeitraum verwendeten Mittelwerte.

Schritt 1 – DAL-Differenz

Zunächst wird die Differenz der DAL zwischen „Kontrolle“ und „Gräben“ berechnet (Δ DAL in €/ha).

Δ DAL (€/ha)

$$= \text{Mittelwert DAL}_{\text{Kontrolle}} (\text{€/ha}) - \text{Mittelwert DAL}_{\text{Gräben}} (\text{€/ha})$$

Schritt 2 – Ertragsdifferenz

Diese DAL-Differenz wird mithilfe des im jeweiligen Ansatz angesetzten mittleren Erzeugerpreises der Kontrollvariante in eine entsprechende Ertragsdifferenz umgerechnet (Δ Ertrag in t/ha).

Δ Ertrag (t/ha)

$$= \Delta \text{DAL} (\text{€/ha}) / \text{Mittelwert Preis}_{\text{Kontrolle}} (\text{€/t})$$

Schritt 3 – Break-even-Ertragsschwelle in %-Punkten

Die Ertragsdifferenz wird auf den mittleren Nettoertrag der Kontrolle bezogen und in Fraßschaden-Prozentpunkte umgerechnet. Das Ergebnis ist die Break-even-Schwelle: die Fraßschaden-Differenz (in %-Punkten), um die sich die jeweils unterlegene Variante gegenüber der führenden Variante verbessern müsste, damit beide wirtschaftlich gleichauf liegen. Richtungsinterpretation: Bei Δ DAL > 0 liegt „Kontrolle“ wirtschaftlich vor „Gräben“, bei Δ DAL < 0 liegt „Gräben“ wirtschaftlich vor „Kontrolle“.

Δ BE (%-Pkt.)

$$= | \Delta \text{Ertrag} (\text{t/ha}) / \text{Mittelwert Nettoertrag}_{\text{Kontrolle}} (\text{t/ha}) | \times 100$$

Abbildung 10: Schematische Darstellung des Konzepts zur Break-even-Analyse

4 Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

4.1 Mäuseaktivität (HSA)

4.1.1 Feldtests mit Haarröhren und Wildtierkameras

Bei den Feldtests in 2023 mit Haarröhren und Wildtierkameras konnte zwischen der Zählung der Nagetiere auf den Bildern der Wildtierkameras und der mit dem Programm ermittelten Haardichte in den Haarröhren eine signifikante positive Korrelation im Grünland ($r = 0,43$, $p < 0,001$), in den Hecken ($r = 0,79$, $p < 0,001$) und im Weizenfeld ($r = 0,44$, $p < 0,001$) festgestellt werden (Abb. 11).

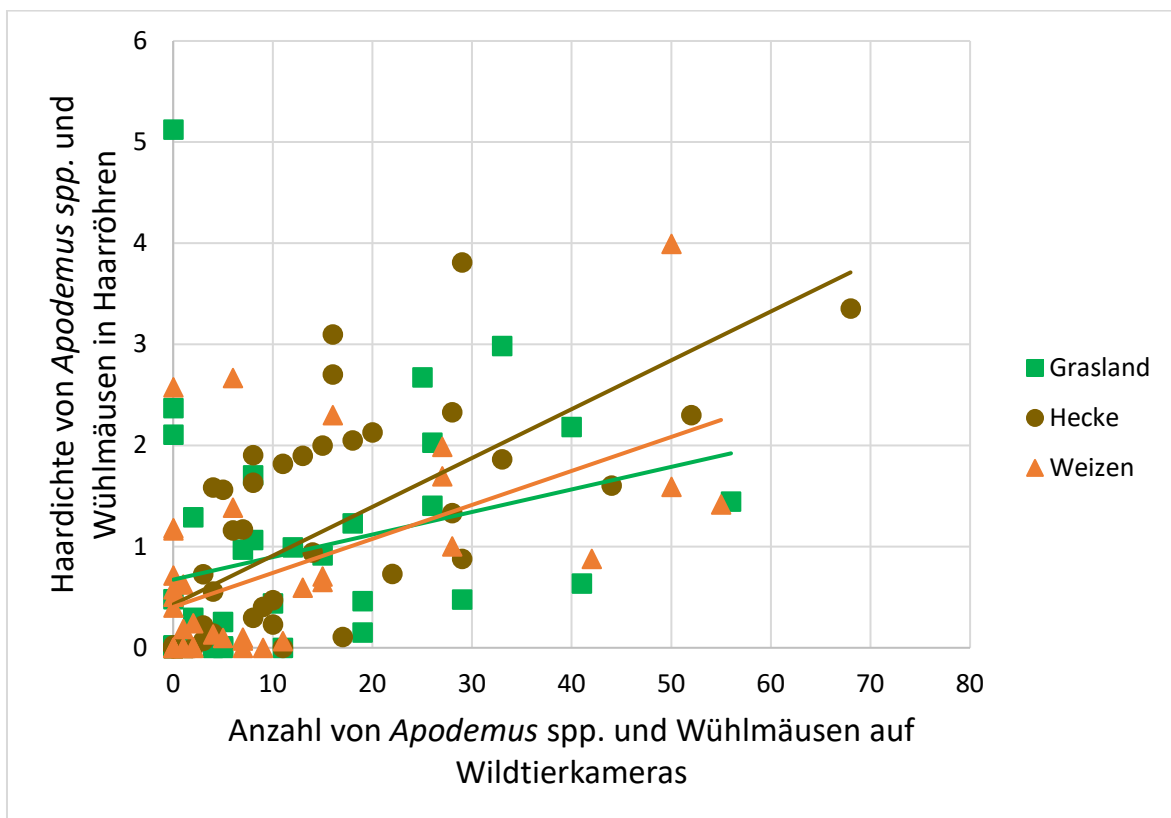


Abbildung 11: Korrelation zwischen Haarröhren Ergebnissen (Haardichte auf Klebestreifen gemittelt pro Habitat Replikat) und Wildtierkamera Ergebnisse (Anzahl der Sichtungen von *Apodemus* spp. und Wühlmäusen) nach Habitaten Grünland, Hecke und Weizenfeld.

4.1.2 Praxisversuche zur Mäuseaktivität in 2024

In den Möhrenflächen konnten im Juni 2024 keine wiedergeöffneten Mauselöcher gefunden werden, wohingegen es in den Refugien durchschnittlich 1,7 wiedergeöffnete Löcher gab. Dabei lag die Anzahl der wiedergeöffneten Löcher zwischen 0 und 6, was einer eher geringen Mäuseaktivität entsprach (Tab. 6).

Tabelle 6: Anzahl wiedergeöffneter Tunneleingänge/Mauselöcher (WgL.) auf den Möhrenflächen und angrenzenden Refugium pro 250 m² im Juni 2024 auf den verschiedenen Standorten und Versuchsplots.

Ort	Plot	Möhrenfläche		Refugium	
		Anzahl Löcher	Anzahl Wgl	Anzahl Löcher	Anzahl Wgl
Niederkrüchten	A	1	0	5	2
Niederkrüchten	B	0	0	0	0
Niederkrüchten	C	0	0	34	6
Niederkrüchten	D	0	0	1	1
Jackerath	E	0	0	0	0
Jackerath	F	0	0	18	3
Jackerath	G	0	0	19	0
Jackerath	H	0	0	1	0
Jackerath	J	0	0	16	4
Hottorf	K	0	0	0	0
Hottorf	L	0	0	4	1
Hottorf	M	0	0	13	5
Hottorf	N	0	0	1	1
Korschenbroich	O	0	0	0	0
Korschenbroich	P	0	0	0	0
Rommerskirchen	Q	0	0	22	5
Rommerskirchen	R	0	0	12	0

Der Anteil an von Mäusen belaufenen Haarröhren zeigte keine großen Unterschiede zwischen Refugium und Möhrenfläche innerhalb der jeweiligen Maßnahme (Graben/Kontrolle) und innerhalb des jeweiligen Versuchsmonats. Allerdings wird deutlich, dass eine Zunahme der Mäuseaktivität in den Versuchsplots im Oktober zu verzeichnen war ($p < 0,001$, Abb. 13, Tab. 7).

Die Mäuseaktivität war in den Kontroll-Plots insgesamt etwas höher als in den Versuchsplots mit Gräben (Abb. 12, $p = 0,007$). Weiterhin war die Mäuseaktivität im Transekt mit 30 m Entfernung niedriger als im Transekt mit 5 m Entfernung ($p = 0,002$, Tab. 7). In den Graben-Plots gab es keine Unterschiede in der Mäuseaktivität zwischen dem Refugium und den 5, 15 und 30 m Transekten.

Versuchsplots August + September + Oktober 2024

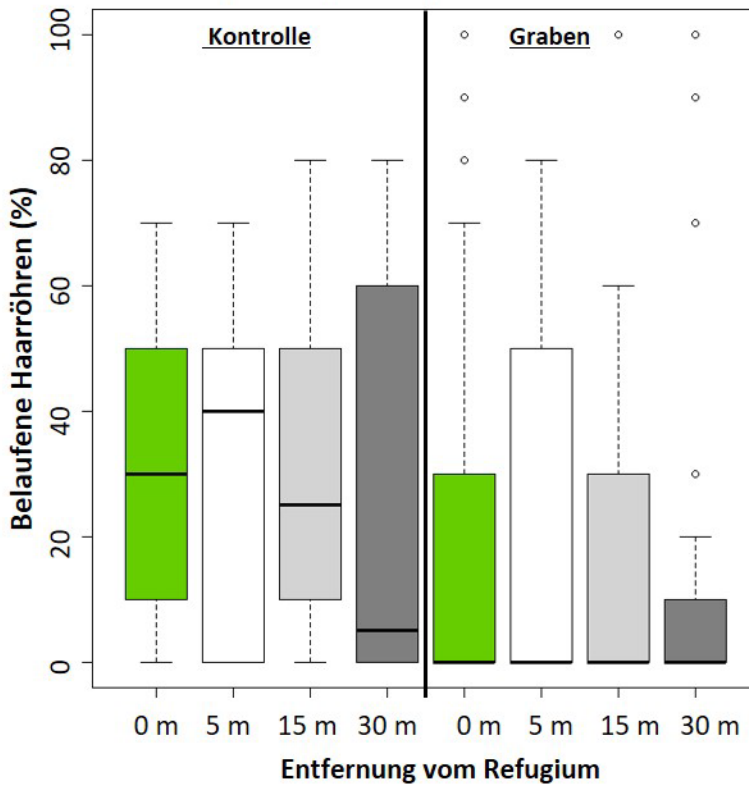


Abbildung 12: Anzahl von Mäusen belauener Haarröhren in Prozent (%) für alle Versuchsplots der Monate August, September und Oktober 2024, aufgeteilt nach Graben- und Kontroll-Plots. Außerhalb der Möhrenfläche lagen die grün dargestellten Refugien, innerhalb der Möhrenfläche die weißen 5 m Transekte, hellgrauen 15 m Transekte und dunkelgrauen 30 m Transekte.

Insgesamt war in 2024 die Haardichte mit unter 1 % in den belauenen Haarröhren sehr gering, was sich mit der geringen Mäusedichte in 2024 und der daraus folgenden geringen Mäuseaktivität deckt (Abb. 14).

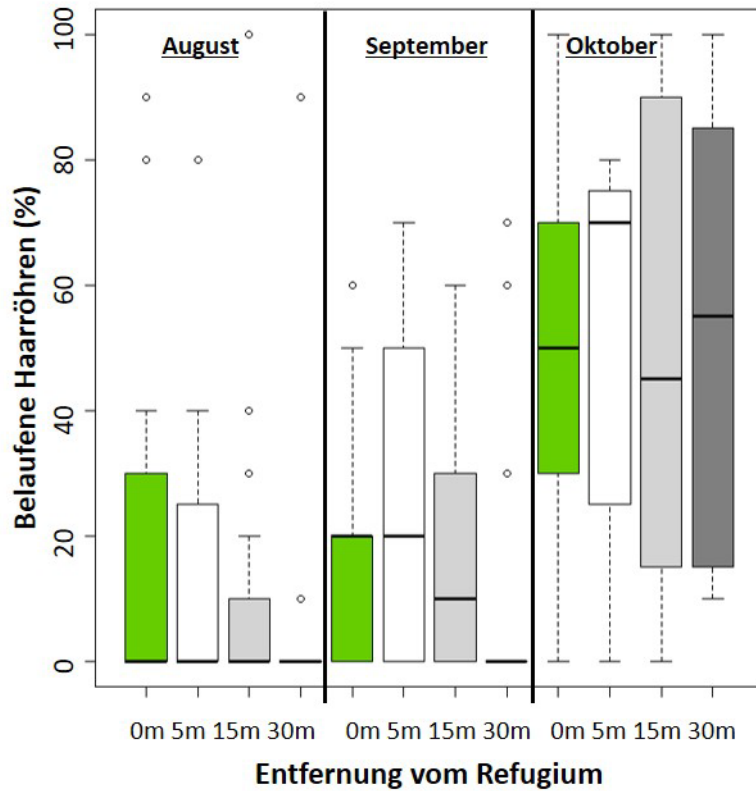


Abbildung 13: Anzahl von Mäusen belaufener Haarröhren in Prozent (%) für alle Graben- und Kontroll-Plots in 2024, aufgeteilt nach den Versuchsmonaten August, September und Oktober. Außerhalb der Möhrenfläche lagen die grün dargestellten Refugien, innerhalb der Möhrenfläche die weißen 5 m Transekte, hellgrauen 15 m Transekte und dunkelgrauen 30 m Transekte.

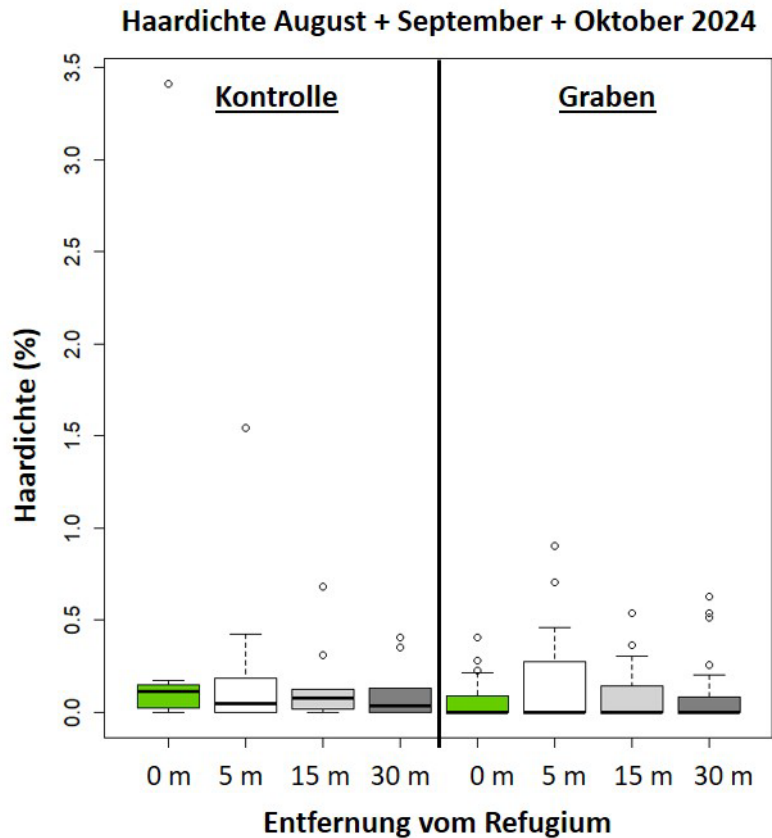


Abbildung 14: Haardichte in Prozent (%) der belaufenen Haarröhren für alle Versuchsplots der Monate August, September und Oktober 2024, aufgeteilt nach Graben- und Kontroll-Plots. Außerhalb der Möhrenfläche lagen die grün dargestellten Refugien, innerhalb der Möhrenfläche die weißen 5 m Transekte, hellgrauen 15 m Transekte und dunkelgrauen 30 m Transekte.

Tabelle 7: Binomiales Model für belaufene Haarröhren (%) mit zufälliger Steigung für Maßnahme 2024.

<i>Prädiktoren</i>	Belaufen		
	<i>Chancenverhältnis</i>	<i>CI</i>	<i>p</i>
(Intercept)	0,00	0,00 – 0,00	<0,001
Maßnahme	0,32	0,14 – 0,73	0,007
Transekt	0,98	0,97 – 0,99	0,002
Monat	2,89	2,38 – 3,51	<0,001
Beobachtungen	1680		
Marginal R ² / Conditional R ²	0,171 / 0,382		

4.1.3 Praxisversuche zur Mäuseaktivität in 2025

Im Juli 2025 konnten in den Möhrenflächen keine wiedergeöffneten Mauselöcher gefunden werden, wohingegen es in den Refugien durchschnittlich 1,1 wiedergeöffnete Löcher gab. Die Anzahl der wiedergeöffneten Löcher betrug zwischen 0 und 5, was einer eher geringen Mäuseaktivität entsprach (Tab. 8).

Tabelle 8: Anzahl wiedergeöffneter Tunneleingänge/Mauselöcher (WgL.) auf den Möhrenflächen und angrenzenden Refugien pro 250 m² im Juli 2025 auf den verschiedenen Standorten und Versuchsplots.

Ort	Plot	Möhrenfläche		Refugium	
		Anzahl Löcher	Anzahl WgL	Anzahl Löcher	Anzahl WgL
Jackerath	G	0	0	6	3
Jackerath	A	0	0	9	4
Jackerath	H	0	0	6	4
Jackerath	B	0	0	0	0
Kleinenbroich	O	0	0	16	5
Kleinenbroich	P	0	0	0	0
Rommerskirchen	Q	0	0	0	0
Rommerskirchen	R	0	0	0	0
Hottrof	J	0	0	0	0
Hottrof	K	0	0	1	0
Hottrof	L	0	0	7	0
Hottrof	M	0	0	0	0
Hottrof	N	0	0	3	0
Hottrof	S	0	0	0	0

In den Versuchsplots mit den Maßnahmen Graben und Rhizomsperre konnte eine Zunahme der Mäuseaktivität von August zu Oktober festgestellt werden. Auch die Betrachtung aller Plots zusammen zeigt im Verlauf der drei Monate eine Zunahme der Mäuseaktivität ($p < 0,001$, Tab. 9, Abb. 16). Auf den beiden Plots der Kontrollfläche wurde im Oktober eine etwas geringere Mäuseaktivität vorgefunden, was mit der Mahd eines Blühstreifens in Zusammenhang stehen könnte.

Insgesamt war die Mäuseaktivität in 2025 geringer als im Jahr 2024. In den Kontrollplots war die Mäuseaktivität genauso niedrig wie in den Plots mit Maßnahme, wobei die Grabenplots einige Ausreißer zeigen (Abb. 15, Tab. 9, $p = 0,458$). Zudem wurden Unterschiede zwischen den einzelnen Transekten deutlich, die Mäuseaktivität nahm vom Refugium zur Feldmitte hin ab ($p < 0,001$).

Versuchsplots August + September + Oktober 2025

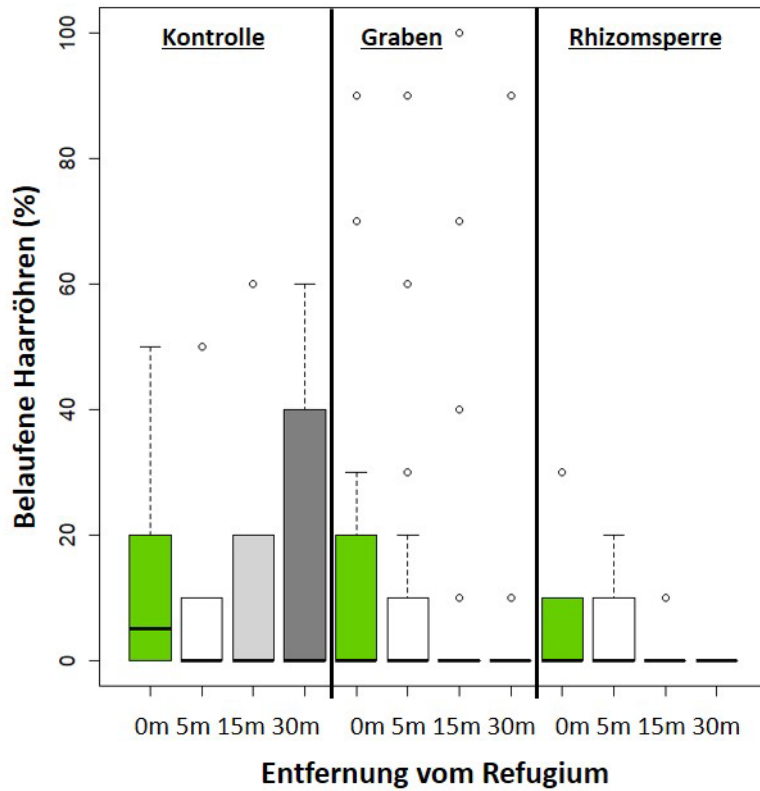


Abbildung 15: Anzahl von Mäusen belauener Haarröhren in Prozent (%) für alle Versuchsplots der Monate August, September und Oktober 2025, aufgeteilt nach Graben-, Rhizom- und Kontroll-Plots. Außerhalb der Möhrenfläche lagen die grün dargestellten Refugien, innerhalb der Möhrenfläche die weißen 5 m Transekte, hellgrauen 15 m Transekte und dunkelgrauen 30 m Transekte.

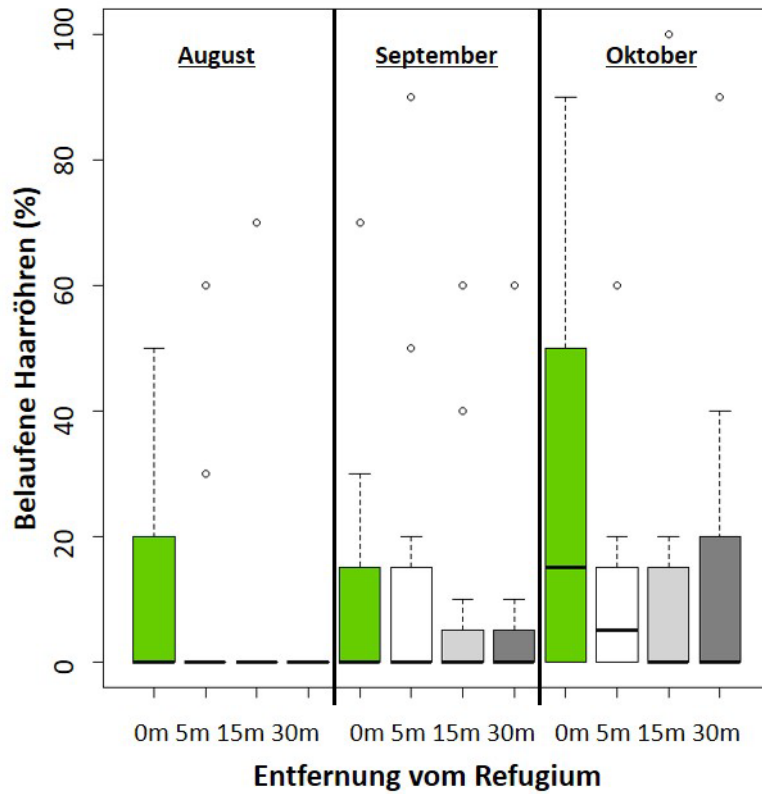


Abbildung 16: Anzahl von Mäusen belauener Haarröhren in Prozent (%) für alle Graben-, Rhizom- und Kontroll-Plots in 2025, aufgeteilt nach den Versuchsmonaten August, September und Oktober. Außerhalb der Möhrenfläche lagen die grün dargestellten Refugien, innerhalb der Möhrenfläche die weißen 5 m Transekte, hellgrauen 15 m Transekte und dunkelgrauen 30 m Transekte.

Die Haardichte im Jahr 2025 war, mit unter 1 % in den belauenen Haarröhren sehr gering (Abb. 17).

Haardichte/Transekt/Maßnahme (Aug + Sept + Okt 2025)

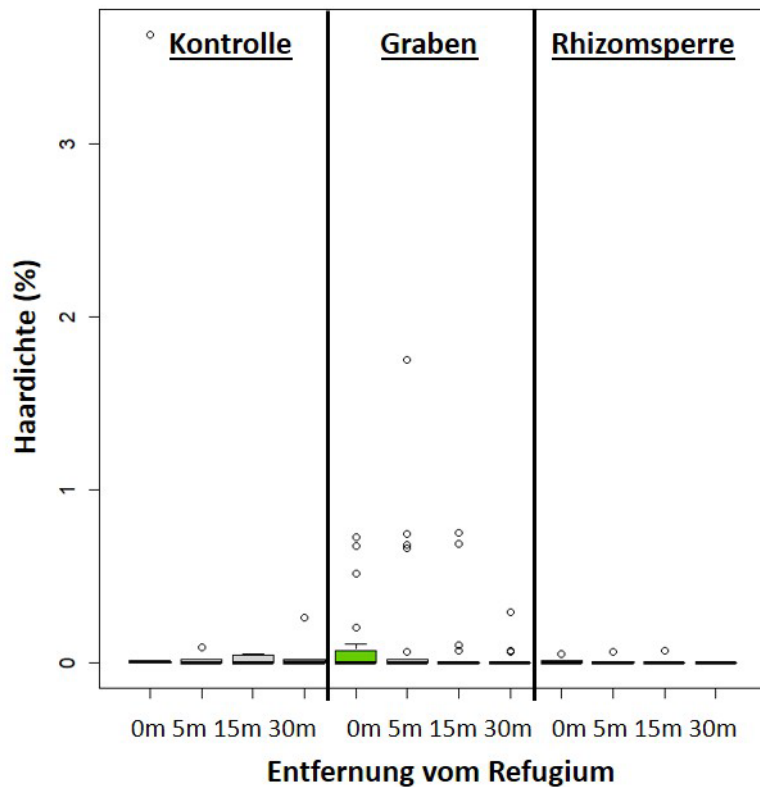


Abbildung 17: Haardichte in Prozent (%) der belaufenen Haarröhren für alle Versuchsplots der Monate August, September und Oktober 2025, aufgeteilt nach Graben-, Rhizom- und Kontroll-Plots. Außerhalb der Möhrenfläche lagen die grün dargestellten Refugien, innerhalb der Möhrenfläche die weißen 5 m Transekte, hellgrauen 15 m Transekte und dunkelgrauen 30 m Transekte.

Tabelle 9: Binomiales Model für belaufene Haarröhren (%) mit zufälliger Steigung für Maßnahme 2025.

Prädiktoren	Belaufen		
	Chancenverhältnis	CI	p
(Intercept)	0,00	0,00 – 0,00	<0,001
Maßnahme	0,65	0,20 – 2,04	0,458
Transekt	0,97	0,95 – 0,99	<0,001
Monat	2,45	1,84 – 3,25	<0,001
Beobachtungen	1320		
Marginal R ² / Conditional R ²	0,171 / 0,171		

4.2 Kopffraßschäden (LWK NRW)

Die Ergebnisse des methodisch Variantenvergleichs sind aufgrund verschiedener Einschränkungen – insbesondere zeitlicher Versätze beim Anlegen der Gräben und einer zu frühen Erosion der Gräben in vier von sechs Flächen – nur eingeschränkt interpretierbar.

Die erste Bonitur umfasste insgesamt 16.199 Möhrenpflanzen (Summe Gräben + Vergleich).

Davon entfielen:

- Vergleichsflächen: 8.021 Möhren, 572 angefressen → 7,13 %
- Grabenflächen: 15.978 Möhren, 1.001 angefressen → 6,26 %

Damit lag der Fraßschaden auf den Grabenflächen durchschnittlich etwas niedriger als auf den Vergleichsflächen. Die Differenz war jedoch gering und fällt angesichts der starken Unterschiede zwischen den einzelnen Flächen und dem schlechten Zustand einiger Gräben nicht stark ins Gewicht.

Schäden nach Abstand (5 m / 15 m / 30 m):

Abstand	Schaden 1. Bonitur
5 m	6,94 %
15 m	8,06 %
30 m	8,50 %

Die Medianwerte für 5 m, 15 m und 30 m liegen aber nah beieinander. Durch die sehr unterschiedliche Befallssituation der einzelnen Flächen (mehrere Flächen mit deutlich erhöhten Schadwerten (>12 %), mehrere Flächen mit sehr niedrigen Schadwerten (<2 %) sind daher keine Unterschiede in Abhängigkeit vom Abstand zum Rand auszumachen.

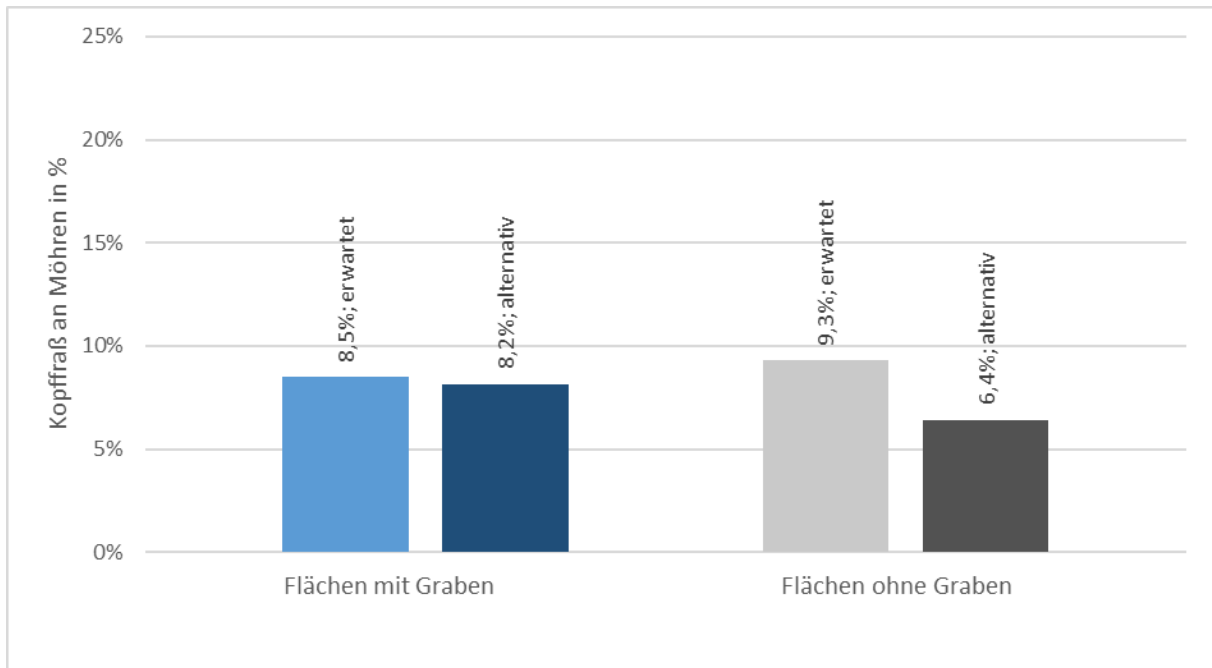


Abbildung 18: Kopffraß an Möhren (2023) – erwartete vs. alternative Einwanderungsrichtung; auf jeweils drei Flächen mit und drei Flächen ohne Mäusegraben.

Aus den Boniturergebnissen (Abb. 18) ließen sich für das Jahr 2023 auch keine nennenswerten Unterschiede, zwischen der erwarteten Haupteinwanderungsrichtung und der Vergleichseinwanderungsrichtung ablesen. Mäusebefall war dabei auf allen Flächen, auf denen Bonituren durchgeführt wurden, in unterschiedlichen Ausprägungen, jedoch eindeutig festzustellen. Die Anzahl der Möhren mit benagten Köpfen unterschied sich auf den Flächen ohne Graben geringfügig. Auch ein Unterschied zwischen Flächen mit und ohne Graben lässt sich nicht ablesen.

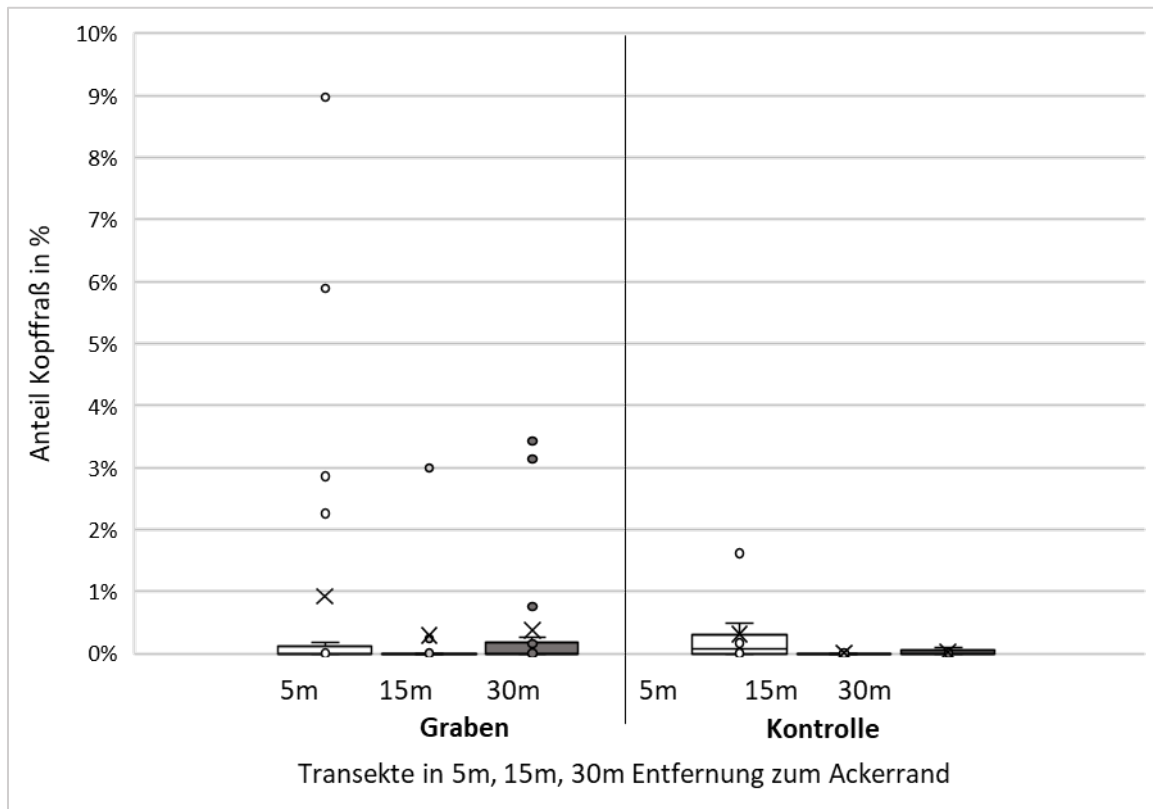


Abbildung 19: Kopffraß an Möhren (2024) in den Varianten Graben und Kontrolle ohne Maßnahme in drei Abständen zum Feldrand.

Auf insgesamt 17 Versuchsplots konnte im Durchschnitt ein durch Kopffraß entstandener Schaden von lediglich 0,64 % ermittelt werden. Unterschiede zwischen Kontrollflächen und Flächen mit Maßnahme bzw. Möhrengaben können bei diesem niedrigen Schadensaufkommen nicht abgeleitet werden. In Abbildung 19 sind starke Ausreißer zu erkennen, welche sich auf zwei Plots im Randbereich (5 m) beziehen. Diese befanden sich auf einem Möhrenschatz, wo der Kopffraß etwas mehr ausgeprägt war. Insgesamt belief sich der festgestellte Schaden durch Fraß an diesem Standort im Gesamtdurchschnitt auf 3,1 %.

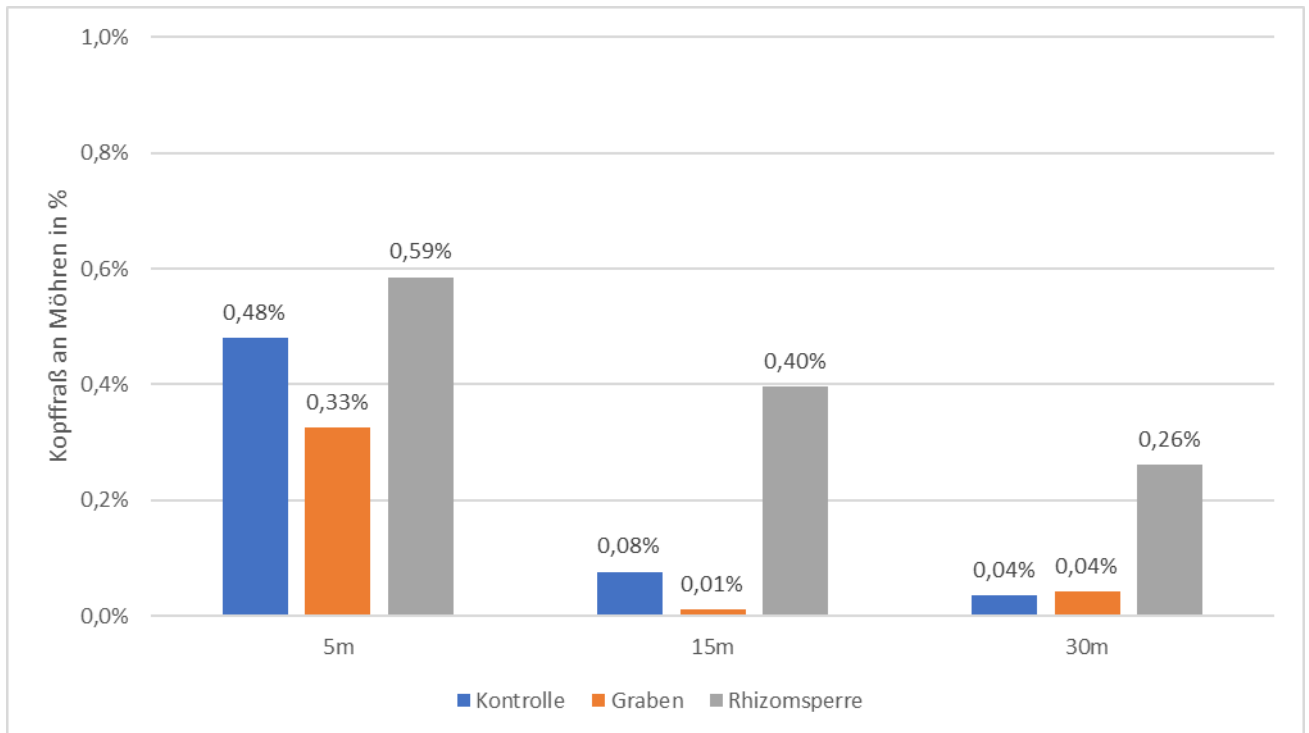


Abbildung 20: Kopffraß an Möhren (2025) in den Varianten Graben, Rhizomsperre und Kontrolle ohne Maßnahme in drei Abständen zum Feldrand.

Der Schaden an den Möhren (% Kopffraß) betrug über alle Flächen und die Zeit zusammengefasst maximal 0,59 %. Je weiter im Feld (30 m) desto geringer war der Schaden (Abb. 20). Aufgrund des geringen Befalls, können keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten festgestellt werden.

4.3 Ertragsstichprobe 2024 (LWK NRW)

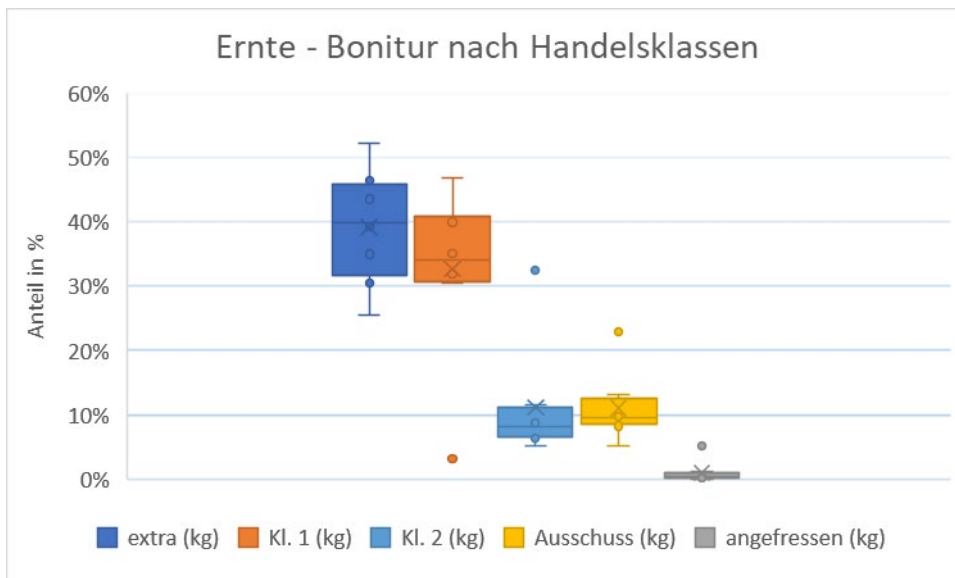


Abbildung 21: Bonitur des Ernteguts nach Handelsklassen, Ausschuss und angefressenen Möhren (2024).

Durch die Erntestichproben zur Ertragsmessung konnten ebenfalls nur sehr geringfügige Fraßschäden festgestellt werden. Insgesamt wurden 664,58 kg Möhren für die Ertragsmessung geerntet. Die Auswertung ergab eine vorwiegend gute Qualität der Möhren (Abb. 21). Der größte Anteil (501,6 kg) des Ernteguts konnte den Klassen „extra“ und „Kl. I“ zugeordnet werden. Diese gelten allgemein als vermarktungsfähig und zeigen, dass durch die Anbauer vorwiegend gute Qualitäten erzielt wurden. Hochgerechnet ergibt sich aus den Ertragsmessungen ein durchschnittlicher Nettoertrag von 584 dt/ha. Angefressene Möhren konnten nur in sehr geringem Umfang (7,68kg; 1,16 %) bonitiert werden.

Die übrigen 9 Plots konnten nicht beprobt werden, da:

- die Ernte der Betriebe kurzfristig vorgezogen wurde,
- starke Niederschläge die Befahrbarkeit verhinderten oder
- zu geringe Zeitfenster zwischen Bonitur und Erntetermin bestanden.

4.4 Kosten-Nutzen-Abschätzung (JKI)

Die Ergebnisdarstellung folgt der in Abschnitt 3.5 beschriebenen zeitlichen Abgrenzung: DAL-Werte wurden nach Vermarktungszeiträumen (2023–2024 bis 2025–2026) und MMK nach Kalenderjahren (2023–2025) ausgewiesen.

4.4.1 Baseline – Ökologischer Anbau (Fraß, DAL, Kostenkomponenten)

Im Zeitraum 2023–2026 wies die Variante „Gräben“ durchgehend höhere Fraßschäden auf. Über den Gesamtzeitraum lagen die Fraßschäden der Variante „Gräben“ um 0,33 Prozentpunkte über denen der Variante „Kontrolle“ (Abb. 22). Die dargestellten realen Fraßschäden bildeten zugleich die Datengrundlage für die Ableitung der Annahmen zu Szenario 1 – Integrierter Anbau, Szenario 2 – Intensive Grabeninstandhaltung und Szenario 3 – Zeitraum: 5 Jahre.

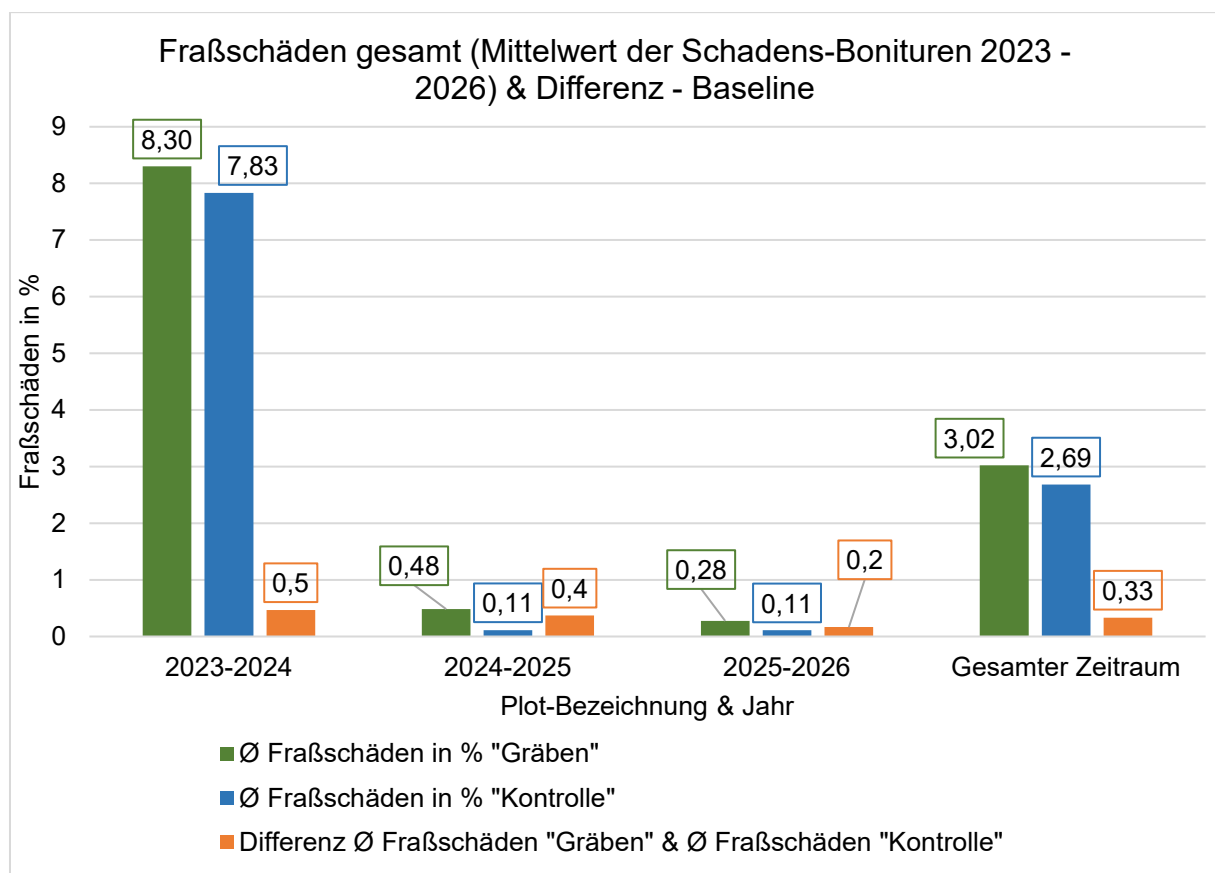


Abbildung 22: Fraßschäden gesamt (Mittelwert der Schadensbonituren 2023–2026) & Differenz.

Trotz der höheren Fraßschäden in der Variante „Gräben“ lag die DAL im Gesamtzeitraum über der Variante „Kontrolle“. Im Mittel war die DAL der Variante „Gräben“ um 181,88 €/ha höher,

sodass sich ein geringer ökonomischer Vorteil ergab; in den ersten zwei Jahren lag die DAL jedoch geringfügig unter der Variante „Kontrolle“ (Abb. 23).

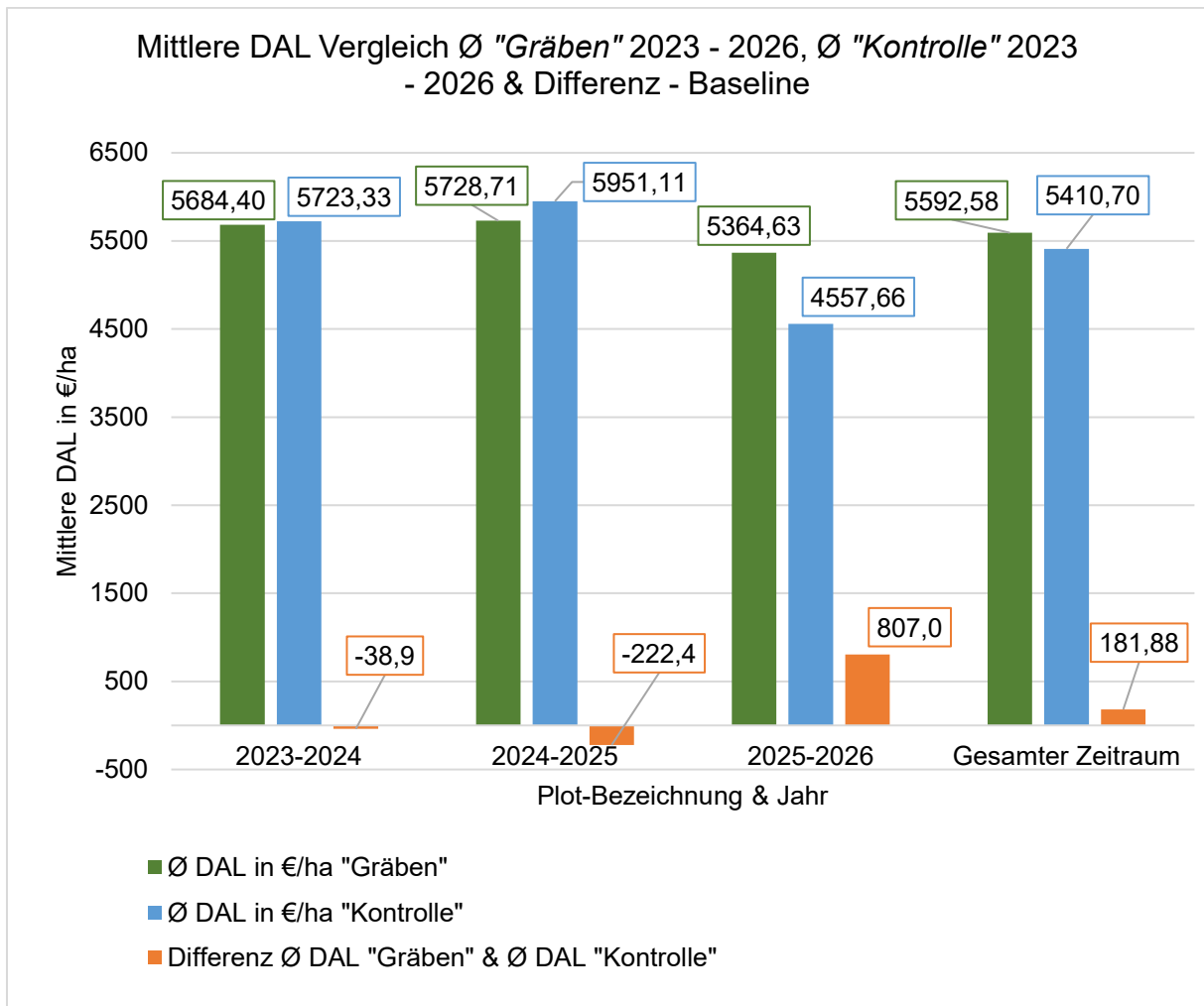


Abbildung 23: Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Vergleich der Varianten „Gräben“ und „Kontrolle“ (2023–2026) & Differenz.

Im Mittel ergaben sich nicht bewirtschaftete Flächen von rund 500 m²/ha im Jahr 2023 sowie jeweils rund 600 m²/ha in den Jahren 2024 und 2025. Dies entspricht etwa 5–6 % der Fläche. Die entgangene Leistung wurde als Ertragsausfall auf dieser nicht bewirtschafteten Teilfläche bewertet.

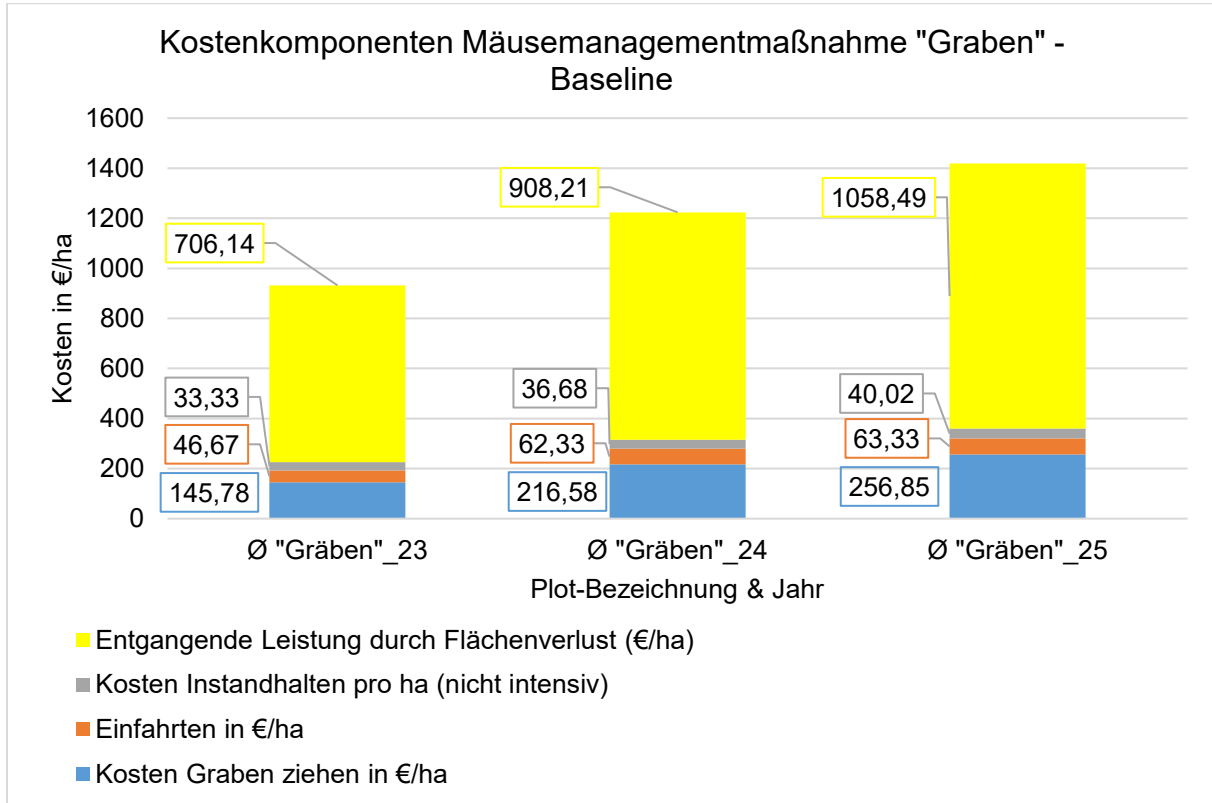


Abbildung 24: Kostenkomponenten der Mäusemanagementmaßnahme „Graben“ im Jahresvergleich (2023–2025).

Die Mäusemanagementkosten (MMK) stiegen über die Jahre deutlich an (ca. 932 €/ha im Jahr 2023, 1.224 €/ha im Jahr 2024 und 1.419 €/ha im Jahr 2025) und wurden in allen Jahren klar durch die entgangene Leistung infolge des Flächenverlusts dominiert. Diese Kostenkomponente hing wesentlich von Schlaggröße und Schlaggeometrie (z. B. Graben- bzw. Randlänge je ha) ab und war damit primär flächen- bzw. schlagspezifisch; der beobachtete Anstieg wurde daher nicht als genereller zeitlicher Kostentrend interpretiert. Unter den übrigen Kostenkomponenten war insbesondere das Grabenziehen relevant. Dessen Höhe hing im Wesentlichen von der Grabenlänge ab und wurde auf Grundlage projektinterner Interviews und Fragebogendaten mit rund 1,05 € je laufendem Meter angesetzt. Die Kosten für Einfahrten bzw. Zufahrten sowie für die Instandhaltung (nicht intensiv) fielen demgegenüber meist geringer aus und betrafen vor allem Arbeitszeit, kleinere Materialaufwendungen und punktuelle Nacharbeiten an

den Gräben. Insgesamt lagen diese Kostenanteile deutlich unter den flächenverlustbedingten Kosten (Abb. 24).

4.4.2 Szenario 1 – Integrierter Anbau mit Rodentizid-Anwendung (Fraß, DAL)

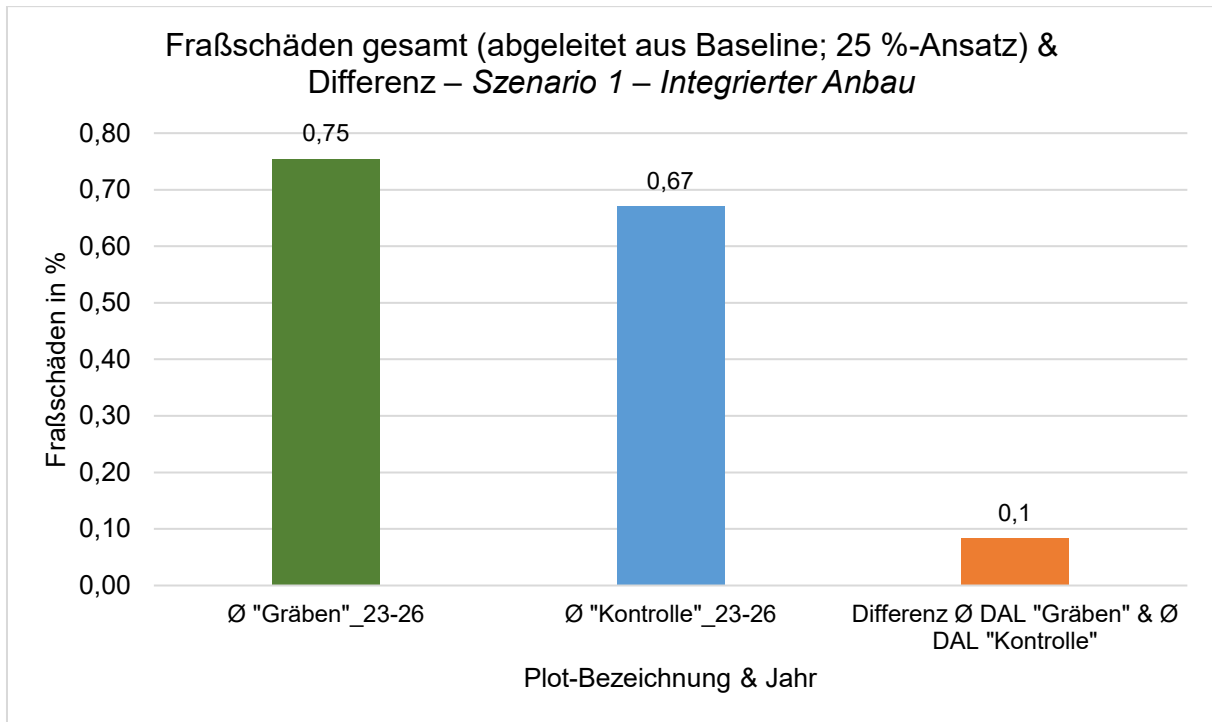


Abbildung 25: Fraßschäden gesamt der Varianten „Gräben“ und „Kontrolle“ (abgeleitet aus Baseline; 25 %-Ansatz) & Differenz – Szenario 1 – Integrierter Anbau. Die Werte wurden als 25 %-Ansatz aus den Baseline-Fraßschäden abgeleitet.

Im *Szenario 1 – Integrierter Anbau* lagen die angesetzten Fraßschäden in „Gräben“ mit 0,75 % geringfügig über „Kontrolle“ (0,67 %); die Differenz betrug 0,10 Prozentpunkte (Abb. 25).

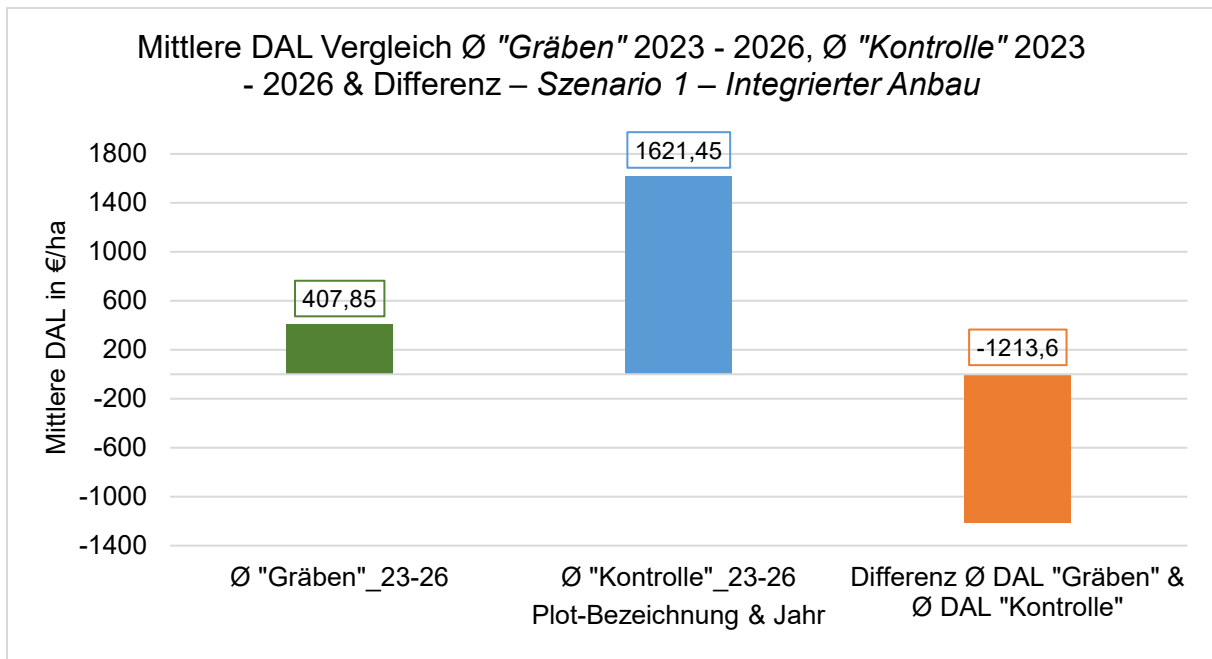


Abbildung 26: Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Vergleich der Varianten – „Gräben“ und „Kontrolle“ (Ø 2023–2025) & Differenz – Szenario 1 – Integrierter Anbau.

Die Variante „Kontrolle“ erzielte im Mittel eine um 1.213,60 €/ha höhere DAL als die Variante „Gräben“. Dieser Unterschied war im Wesentlichen auf die zusätzlich berücksichtigten Kosten der Mäusemanagementmaßnahme „Graben“ (1.190,21 €/ha) zurückzuführen; ohne diese Graben-Kosten hätte sich die Differenz im Mittel auf rund 23,4 €/ha reduziert. Damit zeigte *Szenario 1 – Integrierter Anbau*, dass die Fraßunterschiede zwischen den Varianten „Gräben“ und „Kontrolle“ gering waren und die DAL-Differenz nahezu vollständig durch die zusätzlich angesetzten Graben-Kosten erklärt wurde (Abb. 26).

4.4.3 Szenario 2 – Intensive Grabeninstandhaltung – ökologischer Anbau (Fraß, DAL)

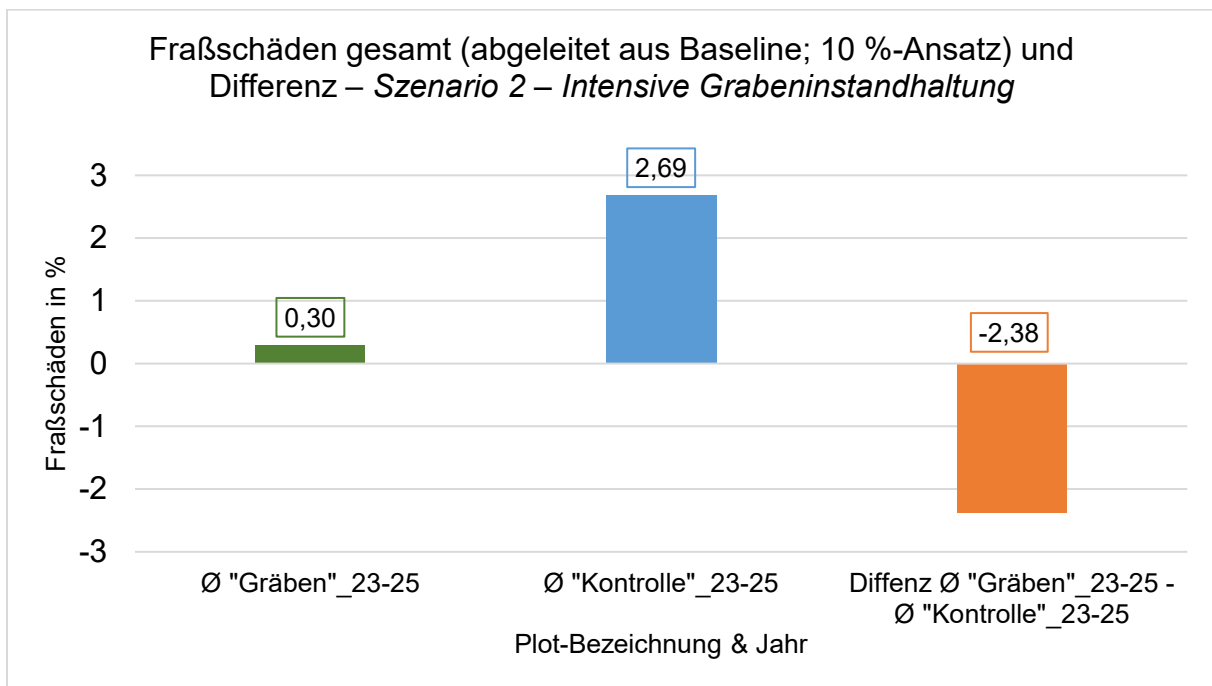


Abbildung 27: Fraßschäden gesamt (abgeleitet aus Baseline; 10 %-Ansatz) & Differenz – Szenario 2 – Intensive Grabeninstandhaltung.

Im Szenario 2 – Intensive Grabeninstandhaltung lagen die angesetzten Fraßschäden in der Variante „Gräben“ mit 0,30 % deutlich unter denen der Variante „Kontrolle“ (2,69 %); die Differenz betrug –2,38 Prozentpunkte („Gräben“ – „Kontrolle“, Abb. 27).

Die Abbildung 28 zeigt die mittlere DAL der Varianten „Gräben“ (Ø 2023–2025) und „Kontrolle“ (Ø 2023–2025) im Szenario 2 – Intensive Grabeninstandhaltung sowie die daraus resultierende Differenz zwischen beiden Varianten.

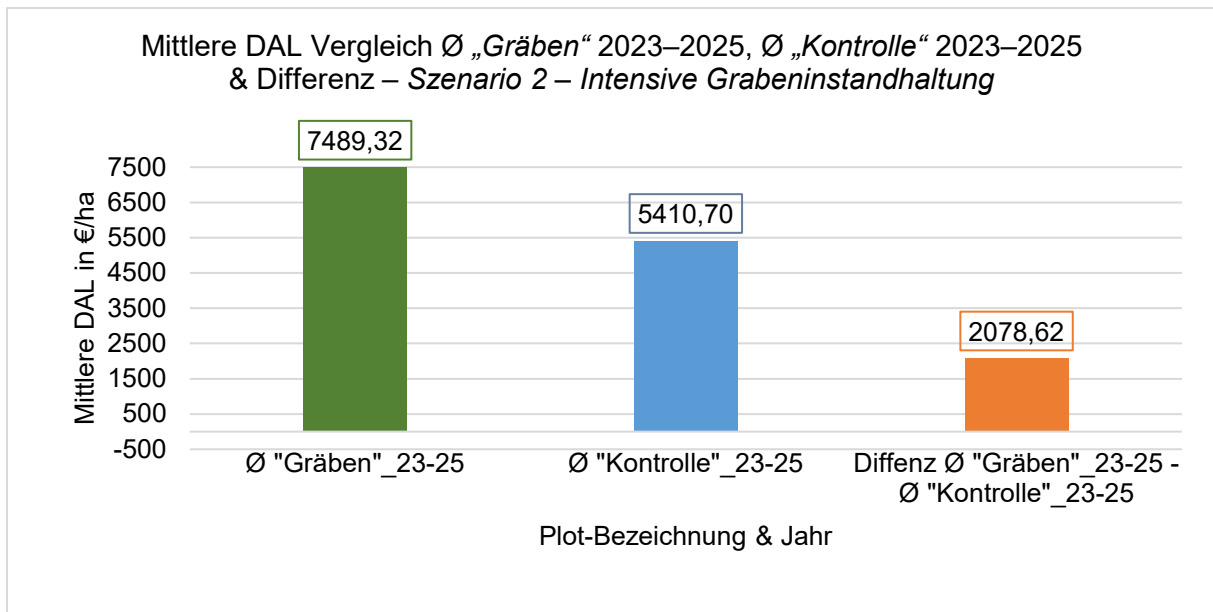


Abbildung 28: Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Vergleich der Varianten „Gräben“ und „Kontrolle“ (Ø 2023–2025) & Differenz – Szenario 2 – Intensive Grabeninstandhaltung.

Im *Szenario 2 – Intensive Grabeninstandhaltung* lag die mittlere DAL der Variante „Gräben“ (7.489,32 €/ha) deutlich über der Variante „Kontrolle“ (5.410,70 €/ha). Die Differenz betrug 2.078,62 €/ha zugunsten der Variante „Gräben“.

Der höhere DAL-Wert der Variante „Gräben“ resultierte vor allem aus dem im Szenario angesetzten deutlich niedrigeren Fraßniveau und dem daraus abgeleiteten höheren Nettoertrag; die zusätzlichen Instandhaltungskosten fielen im Vergleich zum Leistungsvorteil geringer aus.

4.4.4 Szenario 3 – Zeitraum: 5 Jahre – Ökologischer Anbau (Fraß, DAL)

Die Abbildung 29 zeigt die jährlichen Fraßschäden (in %) der Varianten „Gräben“ und „Kontrolle“ für das Szenario 3 – Zeitraum: 5 Jahre sowie die jeweilige Differenz zwischen beiden Varianten (in Prozentpunkten) für Jahr 1 bis Jahr 5 und den Mittelwert über den Gesamtzeitraum.

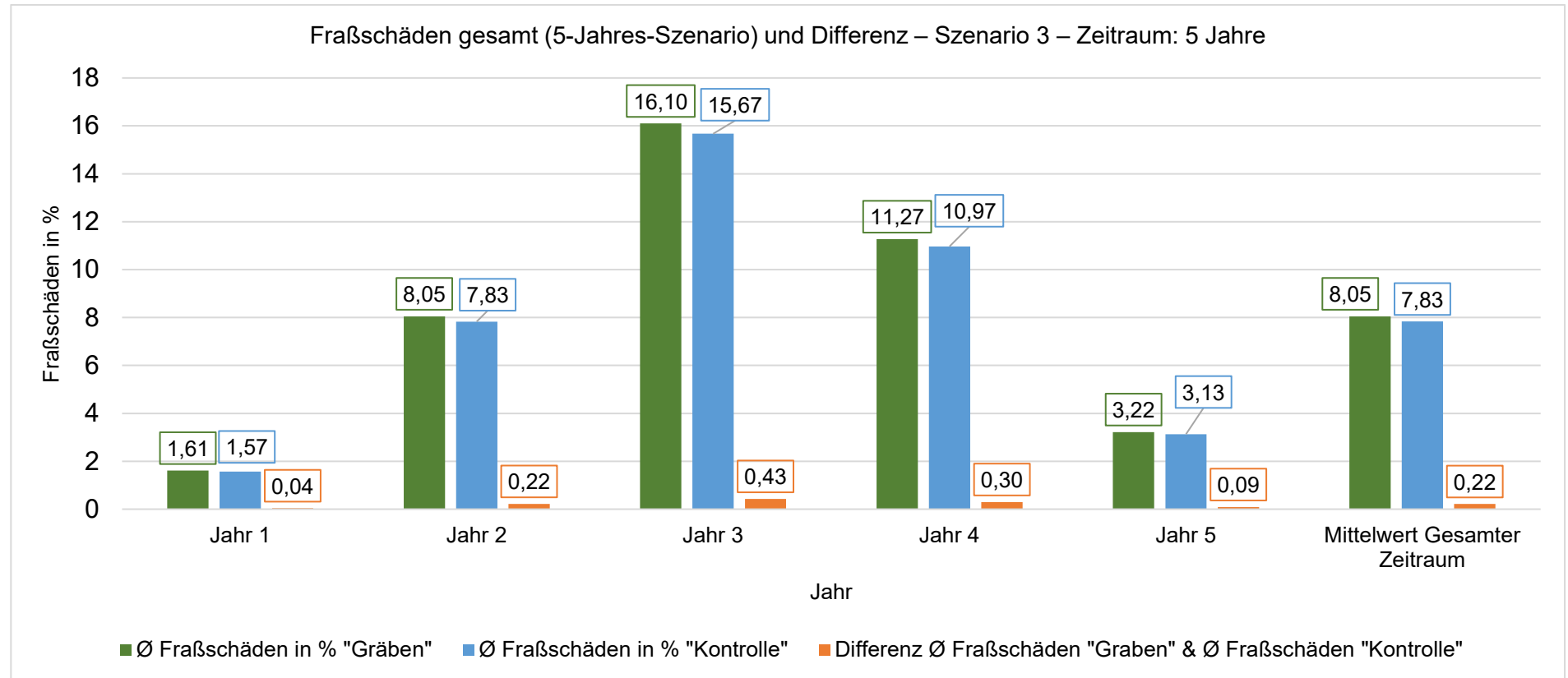


Abbildung 29: Fraßschäden gesamt & Differenz – Szenario 3 – Zeitraum: 5 Jahre.

Im Szenario 3 – Zeitraum: 5 Jahre schwankten die angesetzten Fraßschäden über den Zyklus deutlich, mit einem Peak in Jahr 3 (16,10 % in der Variante „Gräben“ bzw. 15,67 % in der Variante „Kontrolle“). Über den Gesamtzeitraum lag der mittlere Fraßschaden in der Variante „Gräben“ geringfügig über der Variante „Kontrolle“ (8,05 % vs. 7,83 %); die Differenz betrug 0,22 Prozentpunkte („Gräben“ – „Kontrolle“).

Auf Basis dieser Fraßverläufe wurden die Nettoerträge variantenbezogen abgeleitet und daraus die DAL berechnet. Abbildung 30 zeigt die daraus resultierenden DAL-Werte der Varianten „Gräben“ und „Kontrolle“ sowie deren jährliche Differenz im 5-Jahres-Zeitraum.

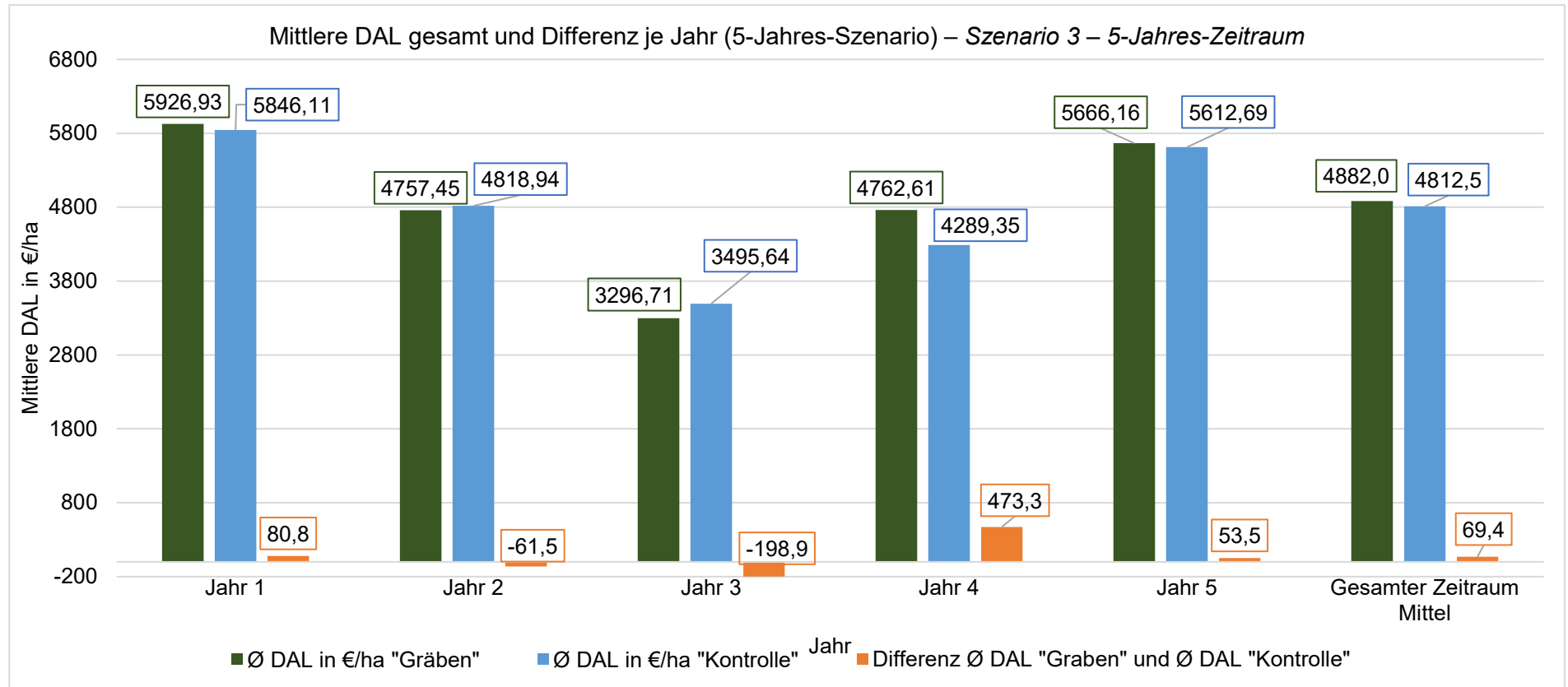


Abbildung 30: Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) im Vergleich der Varianten „Gräben“ und „Kontrolle“ & jährliche Differenz – Szenario 3 – Zeitraum: 5 Jahre.

Im Szenario 3 – Zeitraum: 5 Jahre wechselte die ökonomische Vorteilhaftigkeit der jährlichen DAL-Differenz: „Gräben“ lagen in Jahr 1, 4 und 5 über „Kontrolle“, während „Kontrolle“ in Jahr 2 und 3 leicht vorteilhafter war. Im Mittel über den Gesamtzeitraum ergab sich ein geringer ökonomischer Vorteil zugunsten „Gräben“ (Differenz Gesamtzeitraum: 69,4 €/ha).

4.4.5 Break-even-Analyse

Die Break-even-Betrachtung zeigte, welche Fraßschaden-Differenz (ΔBE) bzw. welche Ertragsänderung (Δ Nettoertrag) zwischen den Varianten „Kontrolle“ und „Gräben“ erforderlich gewesen wäre, damit beide Varianten wirtschaftlich gleichauf liegen.

Tabelle 10: Break-even-Ergebnisse (ΔDAL : wirtschaftliche Lücke, ΔBE : erforderliche Fraßänderung und Δ Nettoertrag: Ertragsänderung) für Baseline und Szenarien 1–3 im Vergleich der Varianten „Gräben“ und „Kontrolle“. Ein negativer Wert der wirtschaftlichen Lücke ($\Delta DAL < 0$) bedeutet, dass die Variante „Gräben“ wirtschaftlich vorteilhaft ist ($DAL_{Gräben} > DAL_{Kontrolle}$); ein positiver Wert ($\Delta DAL > 0$) bedeutet, dass die Variante „Kontrolle“ wirtschaftlich von Vorteil ist.

Szenario	Wirtschaftliche Lücke DAL (€/ha)	Erforderliche Fraßänderung $ \Delta BE $ (%-Pkt.)	Erforderliches Ertragsäquivalent $ \Delta$ Nettoertrag (t/ha)
Baseline	-181,88	1,014	0,429
1 – integrierter Anbau	1.213,60	7,306	4,334
2 – intensive Grabeninstandhaltung	-2.079,13	11,592	4,902
3 – 5-Jahres-Szenario	-69,43	0,402	0,164

Baseline

Die wirtschaftliche Lücke zwischen den Varianten „Gräben“ und „Kontrolle“ betrug –181,88 €/ha, d. h. „Gräben“ lagen wirtschaftlich leicht vorn. Break-even wäre erreicht gewesen, wenn die Fraßschäden in der Variante „Kontrolle“ gegenüber „Gräben“ um 1,01 Prozentpunkte höher ausgefallen wären; dies entspräche einem Ertragsäquivalent von 0,429 t/ha (Tab. 10).

Szenario 1 – Integrierter Anbau

Die wirtschaftliche Lücke zwischen den Varianten „Gräben“ und „Kontrolle“ betrug +1.213,60 €/ha, d. h. „Kontrolle“ lag wirtschaftlich deutlich vorn. Break-even wäre erreicht gewesen, wenn die Fraßschäden in der Variante „Kontrolle“ gegenüber „Gräben“ um 7,31 Prozentpunkte niedriger ausgefallen wären; dies entspräche einer Ertragsänderung von 4,334 t/ha (Tab. 10).

Szenario 2 – intensive Grabeninstandhaltung

Die wirtschaftliche Lücke zwischen den Varianten „Gräben“ und „Kontrolle“ betrug –2.079,13 €/ha, d. h. „Gräben“ lagen wirtschaftlich sehr deutlich vorn. Break-even wäre erreicht gewesen, wenn die Fraßschäden in der Variante „Kontrolle“ gegenüber „Gräben“ um 11,59 Prozentpunkte höher ausgefallen wären; dies entspräche einer Ertragsänderung von 4,902 t/ha (Tab. 10).

Szenario 3 – 5-Jahres-Szenario

Die wirtschaftliche Lücke zwischen den Varianten „Gräben“ und „Kontrolle“ betrug –69,43 €/ha, d. h. „Gräben“ lagen im Mittel leicht vorn. Break-even wäre erreicht gewesen, wenn die Fraßschäden in der Variante „Kontrolle“ gegenüber „Gräben“ um 0,40 Prozentpunkte höher ausgefallen wären; dies entspräche einem Ertragsäquivalent von 0,164 t/ha (Tab. 6).

Die Break-even-Ergebnisse ordneten damit die Robustheit der Variantenunterschiede ein: Hohe Δ BE-Werte deuteten darauf hin, dass ein wirtschaftlicher Vorsprung erst bei deutlich veränderten Fraßschäden bis zum Gleichstand aufgeholt worden wäre, während niedrige Δ BE-Werte auf knappe Abstände hinwiesen. Im *Szenario 2 – Intensive Grabeninstandhaltung* deutete die hohe erforderliche Fraßänderung auf einen vergleichsweise stabilen wirtschaftlichen Vorteil von „Gräben“ gegenüber „Kontrolle“ hin. Damit kann dieses Szenario aus ökonomischer Sicht als das robusteste der betrachteten Ansätze bewertet werden.

4.4.6 Gegenüberstellung der direkten Effekte (DAL) – Baseline und Szenarien

Zur Einordnung der bisherigen Ergebnisse wurde anschließend eine zusammenfassende Gegenüberstellung der monetär quantifizierbaren direkten Effekte vorgenommen.

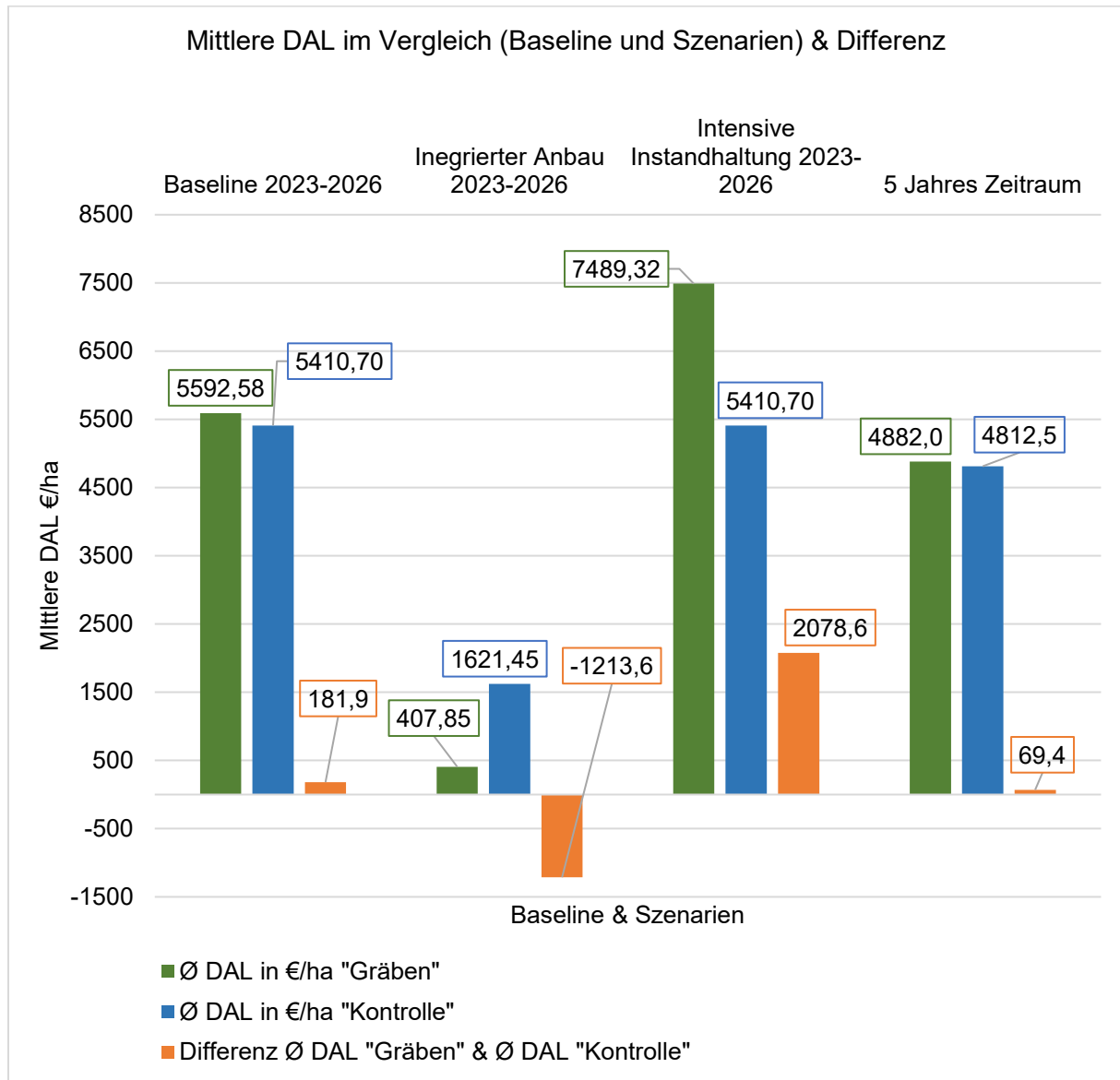


Abbildung 31: Mittlere DAL – Vergleich der Berechnungen (Baseline und Szenarien 1–3) sowie Differenz zwischen „Gräben“ und „Kontrolle“.

Die Gegenüberstellung aller betrachteten Szenarien zeigte deutliche Unterschiede in den wirtschaftlichen Ergebnissen (Abb. 31): In der Baseline lagen „Gräben“ im Mittel leicht vor „Kontrolle“. In Szenario 1 – Integrierter Anbau war dagegen „Kontrolle“ klar vorteilhafter. In Szenario 2 – Intensive Grabeninstandhaltung zeigte sich der deutlichste Vorteil zugunsten von „Gräben“. Im Szenario 3 – Zeitraum: 5 Jahre lagen „Gräben“ im Mittel ebenfalls leicht vor „Kontrolle“. Insgesamt verdeutlichte die zusammenfassende Gegenüberstellung, dass die relative

Wirtschaftlichkeit von „Gräben“ und „Kontrolle“ vor allem durch die Annahmen zum Fraßniveau und zur Kostenstruktur bestimmt wurde. Vor dem Hintergrund des insgesamt niedrigen Befallsniveaus im Untersuchungszeitraum ist plausibel, dass die Unterschiede zwischen den Szenarien vor allem aus der Übertragung der Baseline-Fraßniveaus in die jeweiligen Szenarioannahmen und deren ökonomischer Übersetzung in Nettoertrag und DAL resultierten. Damit wurde sichtbar, unter welchen Annahmen sich Vorteile der Variante „Gräben“ gegenüber „Kontrolle“ verstärkten bzw. nur gering ausfielen.

4.4.7 Indirekte Effekte der Kosten-Nutzen-Abschätzung

Im Rahmen der Landwirtbefragung konnten keine relevanten indirekten Effekte ökologischer Mäusemanagementmaßnahmen („Gräben“) identifiziert werden, die in die Kosten-Nutzen-Abschätzung hätten einfließen können. Im Rahmen der Landwirtbefragung konnten keine relevanten indirekten Effekte ökologischer Mäusemanagementmaßnahmen („Gräben“) identifiziert werden, die in die Kosten-Nutzen-Abschätzung hätten einfließen können. Dies deckte sich mit den Ergebnissen einer projektbegleitenden, nicht-systematischen Literaturliteraturrecherche. Hinweise auf Beschwerden (z. B. durch Spaziergänger oder Hundebesitzer) oder auf Personenschäden im Zusammenhang mit Mäusegräben ergaben sich nicht. Negative Folgen für Nicht-Ziel-Organismen konnten ebenfalls nicht nachgewiesen werden, da die Grabenenden leicht ausliefen und ein Verlassen der Gräben ermöglichten. Auch in der Literatur fanden sich keine belastbaren Hinweise darauf, dass Mäusegräben die Landschaftsästhetik beeinträchtigen oder die Akzeptanz in der Bevölkerung relevant mindern würden. Als potenzieller indirekter Effekt ist jedoch die mechanische Störung von Bodenorganismen durch das Bewegen/Ausheben von Boden bei der Grabenanlage bzw. -instandhaltung zu nennen. Die Literatur zeigt, dass Bodenstörungen durch Bodenbearbeitung (insbesondere Pflügen/Tillage) die Aktivität und Dichten vieler Bodenorganismen beeinflussen können (FAO o. J.; Reeleder et al. 2006). Vor diesem Hintergrund wurde die bei der Grabenanlage/-instandhaltung entstehende Bodenstörung als nachrangig eingeordnet, da sie räumlich begrenzt war (z. B. auf den Graben-/Randstreifen) und damit – bezogen auf die Gesamtfläche – deutlich weniger flächig ausfiel als eine wiederkehrende und flächenweite Bodenbearbeitung.

4.4.8 Gesamtnutzen der nicht-chemischen Mäusemanagementmaßnahmen im Möhrenbau

Die Ergebnisse der monetär quantifizierbaren direkten Effekte wurden mit den indirekten Effekten zusammengeführt. Da in der Landwirtbefragung und der Literaturrecherche keine indirekten Effekte identifiziert wurden, die die Bewertung substantiell verändert hätten, wurde der Gesamtnutzen im Wesentlichen durch die direkten Effekte bestimmt; die indirekten Effekte dienten vor allem der Plausibilisierung und Einordnung. Die in Abschnitt 4.4.6 dargestellten Unterschiede zwischen den Varianten „Gräben“ und „Kontrolle“ blieben damit in ihrer grundsätzlichen Richtung bestehen. Insgesamt zeigte sich, dass die wirtschaftliche Bewertung der Varianten je nach Berechnungsrahmen unterschiedlich ausfiel und sich kein einheitliches Ergebnis über alle Ansätze hinweg ableiten ließ.

5 Diskussion

Die Ergebnisse der Feldtests mit Haarröhren und Wildtierkameras aus 2023 zeigen, dass Haarröhren eine gute Alternative zu Wildtierkameras darstellen, da eine statistisch signifikante positive Korrelation festgestellt werden konnte. Haarröhren sind oftmals besser im Feld zu installieren und sie verursachen eine geringere Datenmenge, da bei Wildtierkameras eine Vielzahl von Bildern anfällt, die gesichtet werden müssen. Allerdings ist die Vorarbeit des Beklebens der Haarröhren etwas zeitintensiver im Vergleich zum Aufstellen von Wildtierkameras, die lediglich eingestellt und mit Batterien und Speicherkarten ausgestattet werden müssen.

Die Ergebnisse der Praxisversuche zeigten in allen Versuchsjahren (2023 – 2025) eine insgesamt sehr geringe Mäuseaktivität, wodurch belastbare Aussagen zum Schadniveaus und zur Wirksamkeit der getesteten Maßnahmen nur eingeschränkt möglich sind. Die Mäusegräben sind in NRW eine etablierte Methode zur Abwehr der Mäuse in Befallsregionen. Die exakte Wirkung auf den Befall konnte im Rahmen des Projekts aber nicht ermittelt werden, da 2023 die Versuchsanlage und die Mäuseaktivität zu heterogen war und 2024 - 2025 der Befall zu niedrig war.

Das Einbringen der HDPE-Folie war insgesamt sehr aufwändig und noch nicht praxistauglich. Ob die Rhizomsperre eine ausreichende Barrierefunktion zur Abwehr der Mäuse hat, konnte vor allem aufgrund der geringen Mäuseaktivität nicht geklärt werden.

Die Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Abschätzung zeigen, dass die wirtschaftliche Bewertung der untersuchten Mäusemanagementmaßnahmen stark von den zugrunde gelegten Annahmen abhängt. In der Baseline lagen die Varianten „Gräben“ und „Kontrolle“ wirtschaftlich nah beieinander. Auch im *Szenario 3 – Zeitraum: 5 Jahre* ergab sich im Mittel nur ein geringer Vorteil für „Gräben“. Dagegen war im *Szenario 1 – Integrierter Anbau* „Kontrolle“ wirtschaftlich

vorteilhafter, während sich im *Szenario 2 – Intensive Grabeninstandhaltung* der deutlichste Vorteil zugunsten von „Gräben“ zeigte. Insgesamt ergab sich damit keine pauschale wirtschaftliche Überlegenheit einer Variante, sondern eine bedingte Einordnung.

Die Ergebnisse sprechen dafür, dass die Maßnahme „Gräben“ vor allem dann wirtschaftlich vorteilhaft sein kann, wenn sie über die Saison hinweg funktionsfähig bleibt und Fraß tatsächlich reduziert. Gleichzeitig ist die Aussagekraft der Analyse durch den insgesamt niedrigen Mäusebefall im Untersuchungszeitraum begrenzt. Hinzu kommt, dass die Gräben im Projektzeitraum nicht durchgehend in einem vollständig funktionsfähigen Zustand gehalten wurden. Das *Szenario 2 – Intensive Grabeninstandhaltung* bildet daher keine direkt beobachtete Praxisituation ab, sondern eine plausible, annahmenbasierte Szenariorechnung. Der dort berechnete wirtschaftliche Vorteil setzt zudem voraus, dass die zusätzliche Instandhaltung organisatorisch und personell tatsächlich geleistet werden kann.

Außerdem wurde deutlich, dass die Wirtschaftlichkeit nicht nur von der möglichen Fraßminderung, sondern auch wesentlich von den Kosten der Maßnahme abhängt. Insbesondere der Flächenverlust hatte in den Praxisdaten einen wesentlichen Anteil an den gesamten Mäusemanagementkosten und prägte die Ergebnisse deutlich. Dabei ist zu berücksichtigen, dass diese Kostenkomponente stark von Schlaggröße und Schlaggeometrie abhing und auf einem angesetzten 3 m breiten, nicht bewirtschafteten Streifen entlang der Gräben beruhte. In der Praxis könnten schmalere Streifen den Flächenverlust und damit die entgangene Leistung reduzieren.

Zudem fiel auf, dass die Variante „Gräben“ in den Primärdaten im Mittel höhere Fraßschäden aufwies als die Variante „Kontrolle“, zugleich aber eine höhere DAL erreichen konnte. Dies deutet darauf hin, dass die Zuordnung von „Gräben“ und „Kontrolle“ im Praxisbetrieb plausibel nicht vollständig zufällig, sondern eher risikogesteuert erfolgte. Unterschiede zwischen den Varianten können deshalb nicht vollständig kausal der Maßnahme selbst zugeschrieben werden.

6 Angaben zum voraussichtlichen Nutzen und zur Verwertbarkeit der Ergebnisse

Durch die Projektergebnisse sollten Öko-Betrieben Werkzeuge zur Verfügung gestellt werden, mit denen sie ihre Regulierungsverfahren optimieren und so ihre Wettbewerbsfähigkeit steigern könnten. Dafür wurden Nutzen und Kosten und mögliche Kosteneinsparungen bewertet. Wirksame und ökonomisch tragfähige nicht-chemische Lösungen zur Regulierung von Nagetierpopulationen sind für den Ökolandbau und für den integrierten Anbau dringend erforderlich, um dem Bekämpfungsbedarf, Tierschutz- und Umweltaspekten gerecht zu werden. Aufgrund

der geringen Mäuseaktivität konnte die Wirksamkeit der getesteten Maßnahmen nicht ausreichend abgeklärt werden und daher bislang noch nicht in das Beratungsgeschehen eingebunden werden.

Die im Projekt entwickelte Kosten-Nutzen-Abschätzung stellt einen verwertbaren Ansatz zur wirtschaftlichen Einordnung nicht-chemischer Mäusemanagementmaßnahmen im ökologischen Möhrenanbau dar. Mit der Baseline, den Szenarien und der Break-even-Analyse konnte ein nachvollziehbarer Bewertungsrahmen entwickelt werden, der Fraßschäden, Nettoerträge, Maßnahmenkosten und Produktionskosten systematisch zusammenführt.

Für die Praxis sind die Ergebnisse insbesondere dort von Nutzen, wo ein erhöhtes Befallsrisiko vermutet wird und die Maßnahme fachgerecht angelegt sowie instandgehalten werden kann. Unter diesen Voraussetzungen deuten die Ergebnisse darauf hin, dass „Gräben“ wirtschaftlich sinnvoll sein können. Bei geringem Befallsdruck oder unzureichender Instandhaltung ist der Nutzen dagegen eingeschränkt. Aus ökonomischer Sicht ist zudem eine regelmäßige Kontrolle auf Aktivitätsanzeichen sinnvoll, etwa auf Laufgänge, frische Erdhaufen oder Fraßspuren, besonders nach der Ernte benachbarter Kulturen, wenn es lokal zur Zuwanderung in verbleibende Spätmöhrenbestände kommen kann.

Die Verwertbarkeit der Ergebnisse ist zugleich dadurch begrenzt, dass der Mäusebefall im Untersuchungszeitraum insgesamt niedrig war. Eine direkte ökonomische Bewertung unter höherem Befallsdruck war daher nicht möglich und konnte nur über Szenarien angenähert werden. Dennoch liefert der entwickelte Ansatz eine wichtige Grundlage für weitere Forschung, Beratung und Praxis.

7 Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen

Trotz geringer Mäusedichten scheinen Barrieren eine positive Wirkung auf die Einwanderung von Nagern zu haben. Geringe Mäuseaktivitäten ermöglichen jedoch keine abschließende Klärung der Eignung dieser Maßnahmen.

Vor diesem Hintergrund konnte auch die wirtschaftliche Wirkung der untersuchten Maßnahmen nur eingeschränkt direkt aus den Praxisdaten abgeleitet werden. Ziel des Teilvorhabens war es, die im Projekt untersuchten Mäusemanagementmaßnahmen im ökologischen Möhrenanbau wirtschaftlich zu bewerten und hierfür eine Kosten-Nutzen-Abschätzung auf Basis von Praxisdaten bereitzustellen. Dieses Ziel wurde insofern erreicht, als ein transparenter Bewertungsrahmen entwickelt wurde, der Primärdaten aus den Praxisversuchen mit ergänzenden Sekundärdaten verknüpft. Mit Baseline, Szenarienrechnungen und Break-even-Analyse konnten unterschiedliche ökonomische Konstellationen für die Varianten „Gräben“ und „Kontrolle“ dargestellt und eingeordnet werden.

Ursprünglich war darüber hinaus vorgesehen, weitere nicht-chemische Alternativen, zum Beispiel Repellentien oder Biocontrol-Ansätze zur Förderung von Fressfeinden, in die Kosten-Nutzen-Abschätzung einzubeziehen. Zwar wurden solche Ansätze im Projektumfeld mit betrachtet und auch abgefragt, es ergab sich hierfür jedoch keine ausreichende und belastbar referenzierbare Datengrundlage für eine fundierte ökonomische Bewertung. Deshalb lag der Schwerpunkt der Auswertung letztlich auf den Varianten „Gräben“ und „Kontrolle“.

Nicht vollständig erreicht werden konnte das Ziel, die wirtschaftliche Wirkung der Maßnahmen unter höherem Befallsdruck direkt empirisch nachzuweisen. Erreicht wurde damit vor allem eine bedingte wirtschaftliche Einordnung der Maßnahme „Graben“ sowie die Identifikation zentraler Einflussgrößen auf ihre Wirtschaftlichkeit.

8 Zusammenfassung

Im Gemüsebau kommt es während Massenvermehrungen bei Feldmäusen, etwa alle 3-5 Jahre, zu erheblichen Ertragsverlusten bis hin zu Totalausfällen. Möhren stellen im deutschen Ökolandbau die wichtigste Gemüsekultur dar, mit einem Gesamtertrag von fast 800.000 t im Jahr 2023. Da im Ökolandbau der Einsatz chemischer Rodentizide nicht zulässig ist, sind die Evaluation von Mäuseaktivität sowie die Analyse der Wirtschaftlichkeit nicht-chemischer Maßnahmen gegen Schädner von großer Bedeutung. Daher war das Ziel des Projektes, nicht-chemische Verfahren zur Regulierung von Schäden durch Nagetiere im Möhrenanbau zu entwickeln und zu testen. Es sollten neue Methoden für den Pflanzenschutz im ökologischen Landbau sowie für andere Formen nachhaltiger Landbewirtschaftung erschlossen werden. Wobei die Entwicklung und Weiterentwicklung von Pflanzenschutzverfahren mit geringem Risiko, Kulturtechnik und der Wissenstransfer in die Praxis im Vordergrund standen. Die Ergebnisse sollten dazu dienen, nicht-chemische Methoden zum Management von Schädnern, wie Mäusegräben und Rhizomsperren, im Möhrenanbau zu validieren sowie Kosten-Nutzen-Abschätzungen für diese Verfahren bereitzustellen. Damit sollte ein wesentlicher Beitrag zur Umsetzung des integrierten Pflanzenschutzes beim Schädnermanagement geleistet werden.

Die in den Praxisversuchen angewendete Lochtretmethode zur Ermittlung der Mäuseaktivität, wurde im Juni 2024 und Juli 2025 durchgeführt und zeigte eine nur geringe Mäuseaktivität in den Versuchsplots. Die zur Überprüfung der Mäuseaktivität in 2024 ausgelegten Haarröhren wiesen keine deutlichen Unterschiede zwischen Refugium und Möhrenfläche innerhalb der jeweiligen Maßnahme (Graben / Kontrolle) innerhalb des jeweiligen Versuchsmonats auf. In 2024 zeigte sich in den Kontroll-Plots eine etwas höhere Mäuseaktivität als in den Versuchsplots mit Graben. Zudem fiel die Aktivität der Tiere im Transekt mit 30 m Entfernung

niedriger als im Transekt mit 5 m Entfernung zum Ackerrand aus. Auch im Versuchsjahr 2025 wurde deutlich, dass die Mäuseaktivität vom Refugium zur Feldmitte der Möhrenflächen hin abnahm. In 2025 konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Maßnahmen (Graben und Rhizomsperre) und der Kontrolle festgestellt werden. Im zeitlichen Verlauf von August bis Oktober konnte in 2024 sowie in 2025 jeweils eine Zunahme der Mäuseaktivität in den Versuchsplots verzeichnet werden. Bei der Auswertung der Haarröhren ergaben sich sowohl für 2024 als auch für 2025 in den belauften Haarröhren Haardichten von unter 1%, was sich mit der geringen Mäusedichte und der daraus folgenden geringen Mäuseaktivität deckte.

Die Bonitur der Kopffraßschäden an den Möhrenpflanzen zeigte 2023 keinen Unterschied zwischen Versuchsplots mit und ohne Graben. Auch die Fraßschäden betrachtet in Abhängigkeit vom Abstand zum Rand (in 5 m, 15 m und 30 m) wiesen keine Unterschiede auf. Im Versuchsjahr 2024 konnte auf allen Versuchsplots im Durchschnitt ein durch Kopffraß entstandener Schaden von lediglich 0,64% ermittelt werden. Für das Versuchsjahr 2025 konnten aufgrund des geringen Mäusebefalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den Versuchsvarianten festgestellt werden. Der Schaden an den Möhren betrug über alle Versuchsplots und Monate zusammengefasst maximal 0,59%. Es zeigte sich bei den Fraßschäden, dass je weiter im Feld (30 m) desto geringerer Schaden an den Möhren verzeichnet werden konnte.

Durch die Erntestichproben zur Ertragsmessung in 2024 konnten ebenfalls nur sehr geringfügige Fraßschäden an den Möhren festgestellt werden. Insgesamt wurden 664,58 kg Möhren für die Ertragsmessung geerntet. Die Auswertung ergab eine vorwiegend gute Qualität der Möhren. Angefressene Möhren konnten nur in sehr geringem Umfang (7,68kg; 1,16%) bonitiert werden.

In allen Versuchsjahren (2023 – 2025) zeigten die Ergebnisse der Praxisversuche eine insgesamt sehr geringe Mäuseaktivität, was die Interpretation des Schadensausmaßes und der Wirksamkeit der Barrieren, Mäusegräben und Rhizomsperren, beeinflusste.

In NRW sind Mäusegräben eine etablierte Methode zur Abwehr der Mäuse in Befallsregionen. Da die Versuchsanlage und die Mäuseaktivität in 2023 zu heterogen war und der Befall in 2024 – 2025 zu niedrig war, konnte die exakte Wirkung der Barrieren auf den Befall im Rahmen des Projekts nicht ermittelt werden.

Die Installation der Rhizomsperren in 2025 erwies sich insgesamt als sehr aufwändig und für die Umsetzung in der Praxis noch nicht praktikabel. Aufgrund der geringen Mäuseaktivität konnte nicht festgestellt werden, ob die Rhizomsperre eine ausreichende Barrierefunktion zur Abwehr von Schadinsekten besitzt.

Ergänzend zu den feldbiologischen Ergebnissen wurde im Projekt eine Kosten-Nutzen-Abschätzung der untersuchten Mäusemanagementmaßnahmen im ökologischen Möhrenanbau

durchgeführt. Grundlage waren projektinterne Primärdaten aus den Praxisversuchen sowie ergänzende Sekundärdaten, insbesondere zu Produktionskosten, Lohnansätzen und Maßnahmenkosten. Die monetäre Bewertung erfolgte über die direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) als zentrale ökonomische Ergebnisgröße. Ergänzend zur Baseline wurden drei Szenarien berechnet: *Szenario 1 – Integrierter Anbau*, *Szenario 2 – Intensive Grabeninstandhaltung* und *Szenario 3 – Zeitraum: 5 Jahre*.

Die Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Abschätzung zeigten, dass die wirtschaftliche Bewertung der Varianten „Gräben“ und „Kontrolle“ stark von den zugrunde gelegten Annahmen abhängt. In der Baseline und im *Szenario 3 – Zeitraum: 5 Jahre* lagen „Gräben“ im Mittel leicht vor „Kontrolle“. Im *Szenario 1 – Integrierter Anbau* war dagegen „Kontrolle“ wirtschaftlich vorteilhafter. Im *Szenario 2 – Intensive Grabeninstandhaltung* ergab sich der deutlichste Vorteil zugunsten von „Gräben“.

Die Gegenüberstellung von Baseline und Szenarien machte deutlich, dass sich Vorteile der Variante „Gräben“ gegenüber „Kontrolle“ je nach Annahmen zu Fraßniveau, Funktionsfähigkeit der Maßnahme und Kostenstruktur verstärken, abschwächen oder umkehren konnten.

Insgesamt ergab die Kosten-Nutzen-Abschätzung keine pauschale Ja/Nein-Antwort, sondern eine bedingte Einordnung. Die relative Wirtschaftlichkeit der Maßnahme „Graben“ hing vor allem davon ab, ob sie über die Saison hinweg funktionsfähig blieb, Fraß tatsächlich reduzierte und wie stark insbesondere flächenbezogene Kostenkomponenten ins Gewicht fielen. Aufgrund des insgesamt geringen Mäusebefalls im Untersuchungszeitraum war die Aussagekraft der ökonomischen Bewertung jedoch begrenzt. Dennoch wurde ein nutzbarer Bewertungsrahmen geschaffen, der für die Einordnung nicht-chemischer Mäusemanagementmaßnahmen in Forschung, Beratung und Praxis weiterverwendet werden kann.

9 Literaturverzeichnis

- Batáry, P., Galle R., Riesch F., Fischer C., Dormann C. F., Musshoff O., Csaszar P., Fusaro S., Gayer C., Happe A. K., Kurucz K., Molnar D., Rösch V., Wietzke A., Tschardt T. 2017. The former Iron Curtain still drives biodiversity-profit trade-offs in German agriculture. *Nature Ecology & Evolution* 1:1279-1284.
- Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS). 2024. Vierte Mindestlohnanpassungsverordnung (MiLoV4).
- Brown, P. R., N. I. Huth, P. B. Banks, and G. R. Singleton. 2007. Relationship between abundance of rodents and damage to agricultural crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 120:405-415.
- Cornulier, T., N. G. Yoccoz, V. Bretagnolle, J. E. Brommer, A. Butet, F. Ecke, D. A. Elston, E. Framstad, H. Henttonen, B. Hörnfeldt, O. Huitu, C. Imholt, R. A. Ims, J. Jacob, B. Jedrzejewska, A. Millon, S. J. Petty, H. Pietiäinen, E. Tkadlec, K. Zub and X. Lambin. 2013. Europe-wide dampening of population cycles in keystone herbivores. *Science* 340(6128): 63-66.
- Essbauer, S. S., A. Mayer-Scholl, J. Jacob, C. Imholt, R. G. Ulrich and S. Fischer. 2016. Neue und altbekannte Krankheitserreger in Ratte und Co. *DPS Fachzeitschrift für Schädlingsbekämpfung* 11: 8-11.
- FAO. o. J. Agriculture and soil biodiversity. Plant Production and Protection Division.
- Fischer, C., Gayer C., Kurucz K., Riesch F., Tschardt T., Batáry P. 2018. Ecosystem services and disservices provided by small rodents in arable fields: Effects of local and landscape management. *Journal of Applied Ecology* 55:548-558.
- Fischer, C., and B. Schröder 2014. Predicting spatial and temporal habitat use of rodents in a highly intensive agricultural area. *Agriculture Ecosystems & Environment* 189:145-153.
- Fischer, C., Thies C., Tschardt T. 2011b. Small mammals in agricultural landscapes: Opposing responses to farming practices and landscape complexity. *Biological Conservation* 144:1130-1136.
- frunol delicia. o. J. Ratron informiert: Feldmäuse - Möglichkeiten der manuellen und/oder maschinellen Bekämpfung mit Ratron® Gift-Linsen und Ratron® Giftweizen. Informationsblatt, Dok.-Nr. 800135A_DE.
- Gebhardt, K., A. M. Anderson, K. N. Kirkpatrick and S. A. Shwiff. 2011. A review and synthesis of bird and rodent damage estimates to select California crops. *Crop Protection* 30: 1109-1116.
- Humpesch, K. und L. Damerow. 2017. Das hilft gegen Mäuse. *Gemüse* 6-2017:48-49.
- Imholt, C., D. Reil, P. Plašil, K. Rodiger and J. Jacob 2016. Long-term population patterns of rodents and associated damage in German forestry. *Pest Management Science* 73:332-340.
- ISIP. 2025. Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland 2025. Kap. 9 „Sonstige Maßnahmen“.
- ISIP NRW. o. J. Mäuseschäden auf Ackerflächen und Grünland ernst nehmen! Informationsseite zur Befallsermittlung nach der Lochtretmethode.
- Jacob J., C. Imholt, C. Caminero-Saldaña, G. Couval, P. Giraudoux, S. Herrero-Cófreces, G. Horváth, J.J. Luque-Larena, E. Tkadlec, E. Wymenga. 2020. Europe-wide outbreaks of common voles in 2019. *Journal of Pest Science* 93:703-709.
- Jacob, J., P. Manson, R. Barfknecht, and T. Fredricks. 2014. Common vole (*Microtus arvalis*) ecology and management: implications for risk assessment of plant protection products. *Pest Management Science* 70:769-878.
- Jacob, J., Sudarmaji, Rahmini, N. A. Herawati, P. R. Brown and G. R. Singleton. 2010. Ecologically based management of rodents in lowland irrigated rice fields in Indonesia. *Wildlife Research* 37: 418-427.

- Jacob, J., and E. Tkadlec. 2010. Rodent outbreaks in Europe: dynamics and damage. Pages 207-223 in G. R. Singleton, S. Belmain, P. R. Brown, and B. Hardy, editors. Rodent outbreaks – Ecology and impacts. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines.
- Kehlenbeck, H., Cannon, R., Breukers, A., Battisti, A., Leach, A., Mumford, J., MacLeod, A. 2012. A protocol for analysing the costs and benefits of phytosanitary measures. EPPO Bulletin 42: 81-88.
- Kehlenbeck H., and S. Krügener 2012. Costs and benefits of plant health measures against Diabrotica: experiences and estimations for Germany. J Appl Entomology, DOI: 10.1111/jen.12011
- Kehlenbeck, H., et al. 2015. Folgenabschätzung für die Landwirtschaft zum teilweisen oder vollständigen Verzicht auf die Anwendung von glyphosathaltigen Herbiziden in Deutschland. Julius-Kühn-Archiv. Kleinmachnow, Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen (JKI). 451: 1-156.
- Klemm, M. 1964. Beitrag zur Kenntnis des Auftretens der Feldmaus (*Microtus arvalis* Pall.) in Deutschland in den Jahren 1928-1941. Zeitschrift für angewandte Zoologie 51:419-499.
- Kollath, T. 2018. Wie sich Feldmausgräben auf Ziel- und Nichtzielorganismen auswirken. Gemüse 2/2018: 33-35.
- KTBL. 2025a. KTBL-Leistungs-Kostenrechnung Pflanzenbau: Möhren, Dammanbau, ökologisch, 2 ha, 10 km, 102 kW, mittlerer Boden. Erstellung 20.11.2025.
- KTBL. 2025b. KTBL-Leistungs-Kostenrechnung Pflanzenbau: Möhren, Dammanbau, integriert, 2 ha, 10 km, 102 kW, mittlerer Boden. Erstellung 20.11.2025.
- Land & Forst 2021 <https://www.landundforst.de/landwirtschaft/pflanze/3-ultimate-tipps-bekämpfung-feldmaeusen-566421>
- Leukers, A., Plekat, A., Wolff, C., Jacob, J. 2017. Umweltverträgliche Nagetier-Bekämpfung in der Landwirtschaft: Vergleichende Umweltbewertung für Rodentizide, Bewertung nicht-chemischer Alternativen. Bericht im Auftrag des Umweltbundesamtes. 147 Seiten.
- Mulungu, L. S., R. H. Makundi, H. Leirs, A. W. Massawe, S. Vibe-Petersen, and N. C. Stenseth. 2003. The rodent density-damage function in maize fields at an early growth stage. Pages 301-303 in Rats, mice and people: rodent biology and management. ACIAR, Canberra.
- Ökolandbau.de 2022 <https://www.oekolandbau.de/landwirtschaft/biomarkt/bio-markt-in-deutschland/wie-entwickelt-sich-der-markt-fuer-bio-gemuese/>
- Reeleder, R. D., J. J. Miller, B. R. Ball Coelho and R. C. Roy. 2006. Impacts of tillage, cover crop, and nitrogen on populations of earthworms, microarthropods, and soil fungi in a cultivated fragile soil. Applied Soil Ecology 33(3):243-257.
- Saltzmann, J., Kehlenbeck H. 2018. Wirtschaftlichkeitsbewertung von Pflanzenschutzstrategien in E- und A-Weizen anhand eines Feldversuches in Brandenburg mit sechsgliedriger Fruchtfolge in den Jahren 2004 bis 2016. Gesunde Pflanzen 70(3): 129-138.
- Schenk, F.-P. 2018. Feldmausgräben – Nur Nutzen oder auch Gefährdung? Gartenbauprofi 1/18: 42-45.
- Statistisches Bundesamt (Destatis). 2019. Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Gemüseerhebung- Anbau und Ernte von Gemüse und Erdbeeren 2018. Fachserie 3 Reihe 3.1.3 1-98.
- top agrar online 2020 <https://www.topagrar.com/oekolandbau/news/mehr-als-jedes-zehnte-gemuesefeld-ist-bio-moehren-fuehren-hitliste-an-12072442.html>
- Unkrautvernichter-Shop.de. o. J. Ratron Legeflinte für Giftweizen - Giftlinsen aus Metall. Online-Sachquelle.

Walther, B. and O. Fülling. 2010. Vole trapping fences - a new approach to migration barriers. Ecofruit. 14th International Conference on Organic Fruit-Growing. Proceedings for the conference, Hohenheim, Germany, 22-24 February 2010. V. Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau e. Weinsberg, Germany, Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau e.V. (FOKO): 341-345.

Wieland, H. 2002. Einsatz von Migrationsbarrieren und Pheromonen zur Abwehr von Wühlmäusen. In: Pelz, H.J. (Hrsg.): Pflanzenschutz im ökologischen Landbau – Probleme und Lösungsansätze. Sechstes Fachgespräch am 26. Juni 2001 in Braunschweig. Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. Heft 104. Seiten 61-76.

www.mwl.sachsen-anhalt.de

www.proplanta.de

www.offenlandinfo.de

Projektinterne / unveröffentlichte Quellen:

Interview „BM“. 2024. Unveröffentlichtes Experteninterview, geführt im Dezember 2024.

JKI-Landwirtfragebögen. 2023 – 2025. Unveröffentlichte Projektdaten zu Erträgen, Erzeugerpreisen und Maßnahmekosten.

LWK NRW Felderhebungen (Bonituren). 2023 – 2025. Unveröffentlichte Projektdaten zu Fraßschäden.

10 Übersicht über alle im Berichtszeitraum vom Projektnehmer realisierten Veröffentlichungen zum Projekt

10.1 Poster

Dürger, J.; Kazasidis, O.; Jacob, J. (2023) Digital quantitative evaluation of rodent hair tubes for activity indices. In M. Zaccaroni, E. Mori, & J. Jacob (Eds.), 13th European Vertebrate Pest Management Conference, - Book of abstracts -, August 28th - September 1st, 2023; Novoli Campus, University of Florence, Italy (Poster 2; p. 102). <https://doi.org/10.5073/20230614-085259-0>

Dürger, J.; Karpinski, I.; Leucker, M.; Reetz, J.; Reising-Hein, C.; Jacob, J. (2023) Management von Schadnagern im Möhrenanbau. In Julius Kühn-Institut (ed.), 63. Deutsche Pflanzenschutztagung; 26.-29. September 2023, Göttingen, Deutschland; Kurzfassungen der Vorträge und Poster - (Vol. 475, p. 514). <https://doi.org/10.5073/20230803-074309-0>

Dürger, J.; Karpinski, I.; Trebus, H.; Leucker, M.; Reising-Hein, C.; Jacob, J.; Fischer, C. (2024) Management von Schadnagern im Möhrenanbau. HortiSustain Statusseminar – „Vernetzungs-, Transfer- und Evaluierungsmaßnahmen über die Förderung von Innovationen nicht-chemischer Pflanzenschutzverfahren im Gartenbau“, 20. März 2024, Frankfurt am Main, Deutschland (Poster).

Trebus, H.; Dürger, J.; Karpinski, I.; Leucker, M.; Pfennig, H.; Jacob, J.; Fischer, C. (2025) Schadnager-Management im ökologischen Möhrenanbau. Öko-Feldtage in Sachsen, Juni 2025, Canitz, Deutschland (Poster).

10.2 Vorträge

Dürger, J.; Trebus, H.; Karpinski, I.; Leucker, M.; Reising-Hein, C.; Jacob, J.; Fischer, C. (2024) Schadnager-Management im ökologischen Möhrenanbau – Mäuseaktivität und wirtschaftliche Betrachtung der Maßnahmen. 23. Jahrestagung des DPG-Arbeitskreises Wirbeltiere 12.-13. November 2024. Berlin-Dahlem, Deutschland.

Dürger, J.; Karpinski, I.; Trebus, H.; Leucker, M.; Reising-Hein, C.; Jacob, J.; Fischer, C. (2024) Schadnager-Management im ökologischen Möhrenanbau. HortiSustain Online-Veranstaltungsreihe 2024, Vorstellung der Projekte, 27. November 2024 (Vortrag).

Reising-Hein, C.; Dürger, J.; Trebus, H.; Karpinski, I.; Leucker, M.; Jacob, J.; Fischer, C. (2025) Verfahren zum Schadnager-Management im ökologischen Möhrenanbau – Mäuseaktivität und wirtschaftliche Betrachtung. 57. DGG-BHGL-Tagung Landwirtschaftskammer NRW in Essen. 26. Februar - 01. März 2025, Essen, Deutschland.

Dürger, J.; Trebus, H.; Karpinski, I.; Leucker, M.; Reising-Hein, C.; Jacob, J.; Fischer, C. (2025) Non-chemical rodent management in organic carrot cultivation – vole activity and economic assessment. 14th European Vertebrate Management Conference; Ankaran, Slovenia, 12-16 May 2025; Book of Abstracts.

Trebus, H.; Dürger, J.; Karpinski, I.; Leucker, M.; Reising-Hein, C.; Fischer, C.; Jacob, J. (2025) Schädner-Management im ökologischen Möhrenanbau – Mäuseaktivität und wirtschaftliche Betrachtung der Maßnahmen. 64. Deutsche Pflanzenschutztagung; 7.-10. Oktober 2025, Braunschweig, Deutschland; Kurzfassungen der Vorträge und Poster.

10.3 Erfolgte Publikationen

Dürger, J.; Karpinski, I.; Reetz, J.; Jacob, J. (2023) Aus die Maus im Möhrenanbau: Untersuchung nicht-chemischer Verfahren zur Schadensvermeidung. Gemüse: das Magazin für den professionellen Gemüsebau. 59 (6), 16-17.

Dürger, J.; Kazasidis, O.; Brotier, H.; Jacob, J. (2024) Evaluation of Rodent Hair Tubes for Activity Indices. *Animals*. 14 (6), Article 843. <https://doi.org/10.3390/ani14060843>

10.4 Geplante Publikationen

Dürger, J.; Fischer, C.; Jacob, J. (2026) Rodent impact and management in horticulture: high-income versus low-middle-income countries