



Bachelorarbeit

"Einsatz von biologischen Fungiziden als Alternative zum chemischen Pflanzenschutz am Beispiel der Bekämpfung von Echtem Mehltau in Möhren mit *Bacillus amyloliquefaciens* Stamm FZB24 und COS-OGA"

Name, Vorname
Studiengang

Neumann, Susanne
Fernstudium Landwirtschaft/Agrarmanagement

1. Gutachter
2. Gutachter

Prof. Dr. Annette Deubel
Dr. Michael Schenk

Bernburg (Saale), den 08.01.2023

Bibliographische Beschreibung

Name, Vorname: Neumann, Susanne

Thema: "Einsatz von biologischen Fungiziden als Alternative zum chemischen Pflanzenschutz am Beispiel der Bekämpfung von Echtem Mehltau in Möhren mit *Bacillus amyloliquefaciens* Stamm FZB24 und COS-OGA"

2023 / 89 Seiten / 13 Tabellen / 18 Abbildungen

| | |
|-----------|---|
| Bernburg: | Hochschule Anhalt Fachbereich Landwirtschaft, Ökotoxologie und Landschaftsentwicklung |
|-----------|---|

Autorreferat:

Biologische Pflanzenschutzmittel geraten schnell in den Focus des Interesses, wenn es darum geht, die mit dem chemischen Pflanzenschutz einhergehende ökotoxikologischen Nachteile zu vermeiden und die politisch vorgegebenen Ziele der Reduktion des Einsatzes chemischer Pflanzenschutzmittel zu erreichen. Positiven Forschungsergebnissen unter geschützten Bedingungen stehen aber nach wie vor wenige positive Ergebnisse in der Freilandanwendung gegenüber.

In der vorliegenden Arbeit wurden in späten Freilandmöhren von Juli bis Oktober 2022 zwei biologische Pflanzenschutzmittel (Wirkstoffe: *Bacillus amyloliquefaciens* Stamm FZB24 und COS-OGA) gegen Echten Mehltau auf ihre Wirkung auf die Befallsentwicklung und ihren Einfluss auf den Ertrag im Vergleich zu einem chemischen Pflanzenschutzmittel (Wirkstoffkombination: Azoxystrobin, Difenoconazol) untersucht. Auf die Befallsentwicklung hatten die biologischen Präparate keine nachweisbare Wirkung. Der Befall mit Echtem Mehltau erwies sich als nicht ertragsrelevant, allerdings brachten die Varianten mit dem gesünderen Laub, unter der Behandlung mit dem chemischen Standard, größere Möhren hervor.

Der Einsatz der beiden biologischen Präparate ist in der Praxis nach den vorliegenden Ergebnissen nicht zu empfehlen. Vielmehr sollten bei zukünftigen Versuchen die Einsatzbedingungen weiter verbessert und untersucht werden, um den Anbauern eindeutige Empfehlungen geben zu können.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|------------|
| Inhaltsverzeichnis | I |
| Tabellenverzeichnis | III |
| Abbildungsverzeichnis | IV |
| Abkürzungsverzeichnis | V |
| 1. Einleitung | 6 |
| 2. Literatur | 7 |
| 2.1 Kulturpflanze Möhre | 7 |
| 2.2 Pathogen Echter Mehltau | 9 |
| 2.3 Fungizideinsatz im Möhrenanbau | 11 |
| 2.3.1 Zulassungssituation | 11 |
| 2.3.2 Chemisch-synthetische Fungizide | 13 |
| 2.3.3 Anorganische Fungizide | 15 |
| 2.3.4 Biologische Pflanzenschutzmittel | 17 |
| 2.3.4.1 Definition und rechtliche Grundlagen | 17 |
| 2.3.4.2 COS-OGA | 19 |
| 2.3.4.3 Bacillus amyloliquefaciens | 21 |
| 3. Material und Methoden | 23 |
| 3.1 Versuchsfläche | 23 |
| 3.2 Kulturführung | 23 |
| 3.3 Versuchsaufbau | 24 |
| 3.4 Versuchsbehandlung | 24 |
| 3.5 Fungizide | 26 |
| 3.6 Behandlungstermine | 27 |
| 3.7 Versuchsauswertung | 28 |
| 3.7.1 Befallsbonituren | 28 |
| 3.7.2 Erntebonitur | 28 |
| 3.8 Versuchsauswertung | 30 |
| 4. Ergebnisse | 32 |
| 4.1 Einfluss der Behandlung auf die Befallsentwicklung | 32 |
| 4.2 Wetterdaten | 34 |
| 4.3 Kulturentwicklung | 35 |
| 4.4 Einfluss der Behandlung auf die ertragsrelevanten Faktoren | 35 |
| 4.4.1 Laub | 35 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 4.4.2 | Wurzel..... | 36 |
| 4.4.3 | Einzelbonituren Wurzel..... | 38 |
| 4.4.3.1 | Länge..... | 38 |
| 4.4.3.2 | Durchmesser..... | 39 |
| 4.4.3.3 | Gewicht..... | 40 |
| 4.5 | Untersuchung zur Wirkung von Befallsstärke auf Ertrag..... | 41 |
| 5. | Diskussion..... | 44 |
| 5.1 | Infektionsverlauf und Witterung..... | 44 |
| 5.2 | Effekte der biologischen Mittel auf die Befallsentwicklung..... | 45 |
| 5.3 | ASKON..... | 48 |
| 5.4 | Kumar..... | 49 |
| 5.5 | Erträge..... | 50 |
| 5.6 | Ökonomische Bewertung..... | 51 |
| 5.7 | Boniturmethode..... | 51 |
| 6. | Fazit..... | 53 |
| | Literaturverzeichnis..... | 55 |
| | Anhang..... | 66 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|---------|--|----|
| Tab. 1 | Eingesetzte Fungizide im Versuch..... | 27 |
| Tab. 2 | Tabellarische Übersicht der Behandlungstermine..... | 27 |
| Tab. 3 | Standardabweichung (SD) des Befallsverlaufs, mit Signifikanzen nach Student-Newman-Keul (SNK). | 33 |
| Tab. 4 | Wetterdaten auf der Versuchsfläche unmittelbar nach der Behandlung..... | 35 |
| Tab. 5 | Kulturdaten zu den Behandlungsterminen, Entwicklungsstadium (BBCH), DG = Deckungsgrad | 35 |
| Tab. 6 | Mittelwerte der Lauberträge, Signifikanzen nach Tukey-HSD-Test ($p \leq 0,05$). Varianten: 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = ASKON [®] , 3 = TAE GRO [®] , 4 = ASKON [®] + TAE GRO [®] , 5 = FytoSave [®] , 6 = ASKON [®] + FytoSave [®] , 7 = Kumar [®] + FytoSave [®] ... | 36 |
| Tab. 7 | Mittelwerte der Bruttoerträge, Erträge an marktfähigen Möhren und Anteile nicht marktfähiger Möhren. Die Buchstaben kennzeichnen die Signifikanzen nach Tukey-HSD-Test ($p \leq 0,05$). Varianten: 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = ASKON [®] , 3 = TAE GRO [®] , 4 = ASKON [®] + TAE GRO [®] , 5 = FytoSave [®] , 6 = ASKON [®] + FytoSave [®] , 7 = Kumar [®] + FytoSave [®] | 38 |
| Tab. 8 | Mittelwerte der Rohdaten für Gewicht in g, Durchmesser und Länge in cm. Die Buchstaben kennzeichnen die Signifikanzen nach Tukey-HSD-Test ($p \leq 0,05$). Varianten: 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = ASKON [®] , 3 = TAE GRO [®] , 4 = ASKON [®] + TAE GRO [®] , 5 = FytoSave [®] , 6 = ASKON [®] + FytoSave [®] , 7 = Kumar [®] + FytoSave [®] ... | 38 |
| Tab. 9 | Mittelwerte der Anzahl Möhren der Gesamtstichproben, gruppiert nach Durchmesser in cm. Varianten: 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = ASKON [®] , 3 = TAE GRO [®] , 4 = ASKON [®] + TAE GRO [®] , 5 = FytoSave [®] , 6 = ASKON [®] + FytoSave [®] , 7 = Kumar [®] + FytoSave [®] | 40 |
| Tab. 10 | Regressionsanalyse zwischen der AUDPC und dem Bruttoertrag von Möhrenwurzeln (t/ha). R = linearer Korrelationskoeffizient, R ² = Bestimmtheitsmaß, p = Signifikanz. | 41 |
| Tab. 11 | Regressionsanalyse zwischen der AUDPC und dem Bruttoertrag von Möhrenwurzeln (t/ha). R = linearer Korrelationskoeffizient, R ² = Bestimmtheitsmaß, p = Signifikanz. | 42 |
| Tab. 12 | Regressionsanalyse zwischen der AUDPC und dem Ertrag an Laub (t/ha). R = linearer Korrelationskoeffizient, R ² = Bestimmtheitsmaß, p = Signifikanz..... | 43 |
| Tab. 13 | Übersicht über die Kosten für die eingesetzten Fungizide. Preise ohne Mwst. nach avagrar.de, bzw. *unkrautvernichter-shop.de..... | 51 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abb. 1 Randomisierungsplan, Drohnenaufnahme der Versuchsfläche 16.09.2022, Quelle: Autor..... | 24 |
| Abb. 2 Equipment zur Versuchsbehandlung und Wetterdatenerfassung, Quelle: Autor..... | 25 |
| Abb. 3 Befallsbeginn beobachtet am 04.08.2022, Quelle: Autor..... | 28 |
| Abb. 4 Ernte der Stichproben am 07.10.2022, Quelle: Autor..... | 29 |
| Abb. 5 Bonitur am 08.10.2022 links: Klasseneinteilung mittels Kartoffel-Schablone; rechts: Beispiele nicht marktfähiger Möhren, Quelle: Autor..... | 30 |
| Abb. 6 Befallsverlauf ab beobachtetem Befallsbeginn (04.08.) bis 13 Tage nach der letzten Behandlung (28.09.). Die Buchstaben zum letzten Boniturtermin kennzeichnen die Signifikanzen der AUDPC nach Tukey-HSD-Test ($p \leq 0,05$)..... | 32 |
| Abb. 7 Wirkungsgrad nach Abbott, Varianten: 2 = ASKON [®] , 3 = TAEGRÖ [®] , 4 = ASKON [®] + TAEGRÖ [®] , 5 = FytoSave [®] , 6 = ASKON [®] + FytoSave [®] , 7 = Kumar [®] + FytoSave [®] ... | 34 |
| Abb. 8 Wetter im Versuchszeitraum (01.07.2022 - 07.10.2022). Grafik aus piaf.expert, modifiziert..... | 34 |
| Abb. 9 Erträge des Möhrenlaubs in Tonnen je Hektar. 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = ASKON [®] , 3 = TAEGRÖ [®] , 4 = ASKON [®] + TAEGRÖ [®] , 5 = FytoSave [®] , 6 = ASKON [®] + FytoSave [®] , 7 = Kumar [®] + FytoSave [®] | 36 |
| Abb. 10 Brutto-Erträge der Möhren in Tonnen je Hektar. Varianten: 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = ASKON [®] , 3 = TAEGRÖ [®] , 4 = ASKON [®] + TAEGRÖ [®] , 5 = FytoSave [®] , 6 = ASKON [®] + FytoSave [®] , 7 = Kumar [®] + FytoSave [®] | 37 |
| Abb. 11 Erträge an marktfähigen Möhren in Tonnen je Hektar. Varianten: 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = ASKON [®] , 3 = TAEGRÖ [®] , 4 = ASKON [®] + TAEGRÖ [®] , 5 = FytoSave [®] , 6 = ASKON [®] + FytoSave [®] , 7 = Kumar [®] + FytoSave [®] | 37 |
| Abb. 12 Verteilung der Längen der Möhren. Varianten: 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = ASKON [®] , 3 = TAEGRÖ [®] , 4 = ASKON [®] + TAEGRÖ [®] , 5 = FytoSave [®] , 6 = ASKON [®] + FytoSave [®] , 7 = Kumar [®] + FytoSave [®] | 39 |
| Abb. 13 Verteilung der Durchmesser (in cm) der Möhren. Varianten: 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = ASKON [®] , 3 = TAEGRÖ [®] , 4 = ASKON [®] + TAEGRÖ [®] , 5 = FytoSave [®] , 6 = ASKON [®] + FytoSave [®] , 7 = Kumar [®] + FytoSave [®] | 40 |
| Abb. 14 Verteilung der Gewichte der Möhren. Varianten: 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = ASKON [®] , 3 = TAEGRÖ [®] , 4 = ASKON [®] + TAEGRÖ [®] , 5 = FytoSave [®] , 6 = ASKON [®] + FytoSave [®] , 7 = Kumar [®] + FytoSave [®] | 41 |
| Abb. 15 Streudiagramm zwischen dem Brutto Ertrag Möhrenwurzeln (t/ha) und der errechneten AUDPC. Varianten: 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = ASKON [®] , 3 = TAEGRÖ [®] , 4 = ASKON [®] + TAEGRÖ [®] , 5 = FytoSave, 6 = ASKON [®] + FytoSave [®] , 7 = Kumar [®] + FytoSave [®] | 42 |
| Abb. 16 Streudiagramm zwischen dem Laubertrag (t/ha) und der errechneten AUDPC. Varianten: 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = ASKON [®] , 3 = TAEGRÖ [®] , 4 = ASKON [®] + TAEGRÖ [®] , 5 = FytoSave [®] , 6 = ASKON [®] + FytoSave [®] , 7 = Kumar [®] + FytoSave [®] ... | 43 |
| Abb. 17 Befallsunterschiede am 07.09.2022, links Parzelle 2D (Variante: ASKON [®]), rechts Parzelle 3C (Variante: TAEGRÖ [®]), Quelle: Autor..... | 44 |
| Abb. 18 Befallsunterschiede am 28.09.2022, Quelle: Autor..... | 52 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|---------|---|
| LWK NRW | Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, 50765 Köln-Auweiler |
| EPPO | European and Mediterranean Plant Protection Organisation |
| FRAC | Fungicide Resistance Action Committee |
| PS Info | Pflanzenschutzinformationssystem |
| BVL | Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit |
| BMEL | Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft |
| ANOVA | Analysis of Variance = Varianzanalyse |
| AUDPC | Area under disease progress curve = Fläche unter der Befallskurve |
| MW | arithmetischer Mittelwert |

Darüber hinaus wurden für Gewichte, Längenmaße, Temperaturangaben die in Deutschland üblichen Abkürzungen benutzt.

1. Einleitung

In der Öffentlichkeit geraten unerwünschte Umweltwirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf chemisch-synthetischer Basis seit Jahren immer wieder in die Kritik, besonders dann, wenn Rückstände von Pflanzenschutzmitteln im Erntegut, Grundwasser, Oberflächenwasser oder im Boden gefunden werden (BMEL 2019, S. 32). Seit einigen Jahren arbeiten Politik und Gesetzgebung auf europäischer und nationaler Ebene daran, diesen unerwünschten Effekten entgegen zu wirken. Das Ziel ist es, durch die Förderung von integriertem Pflanzenschutz und ökologischem Landbau die mit dem Einsatz von Pflanzenschutzmitteln verbundenen Risiken für Mensch und Natur auf ein Minimum zu reduzieren. Präventiven, nicht chemischen Maßnahmen und Pflanzenschutzmitteln mit geringem Risiko ist demnach der Vorzug zu geben (BMEL 2013, S. 91). Im Rahmen des Green Deal der EU (Farm2Fork) wird eine Reduktion des chemischen Pflanzenschutz bis 2030 um 50% und eine Ausweitung der ökologisch bewirtschafteten Fläche auf 25% angestrebt (EU 2020, S. 1).

Dabei muss aber berücksichtigt werden, dass die landwirtschaftliche Erzeugung in der EU angesichts einer steigenden Weltbevölkerung und unter dem negativen Einfluss des Klimawandels insbesondere in den Regionen des globalen Südens die "Produktionsmenge als eine wichtige Zielgröße nicht außer Acht" lassen darf (Qaim 2019, S. 8–9), zumal einige Klimamodelle die Möglichkeit in Betracht ziehen, dass die landwirtschaftliche Produktion auf der Nordhalbkugel von den Klimaveränderungen profitieren könnte (Qaim 2019, S. 24).

Effizienter Pflanzenschutz ist dabei die Grundvoraussetzung für gesunde und ertragreiche Kulturen. Der Trend, dass zunehmend chemisch-synthetische Wirkstoffe ihre Zulassung verlieren, wird in den nächsten Jahren vorraussichtlich anhalten und insbesondere Insektizide und Fungizide treffen, was die Kulturführung auch im Hinblick auf das Resistenzmanagement vor Herausforderungen stellen wird (BMEL 2019, S. 32).

Um die Erträge in Höhe und Qualität zu sichern, müssen zunehmend Alternativen genutzt werden. Hier ruht die Hoffnung auf dem Einsatz von den sogenannten biologischen Pflanzenschutzmitteln auf der Basis von Mikroorganismen und Stoffen natürlicher Herkunft (BMEL 2021, S. 62). Den Vorteilen dieser Wirkstoffe gegenüber dem chemisch-synthetischen Pflanzenschutz, insbesondere ihren ökotoxikologischen Eigenschaften und ihrer Einstufung als nicht rückstandsrelevant, stehen zur Zeit aber noch viele Unwägbarkeiten, wie die Zuverlässigkeit der Wirkung gegenüber (Richter et al. 2021, S. 339). Das gilt für den Einsatz im Freiland, mit den vielfältigen, schwer vorherzusagenden und kaum zu beeinflussenden Umweltfaktoren umso mehr.

Im Rahmen dieser Arbeit sollten zwei dieser biologischen Pflanzenschutzmittel, das COS-OGA enthaltende FytoSave[®] und das den Stamm FZB24 von *Bacillus amyloliquefaciens* enthaltende TAEGRO[®], auf ihre Wirksamkeit unter praxisnahen Bedingungen getestet werden. Dazu wurden sie im Vergleich zu einer chemisch-synthetischen Variante und in Spritzfolgen mit einem chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmittel auf der Freilandfläche eines Möhrenanbauers in einer Region, in der Echter Mehltau regelmäßig auftritt, behandelt.

Die Auswirkungen der verschiedenen Behandlungen wurden unter den folgenden Fragestellungen betrachtet:

- Gibt es Unterschiede in der Wirkung auf die Befallsentwicklung?
- Gibt es Unterschiede in den Erträgen von Laub und Möhren?
- Gibt es einen Zusammenhang zwischen der Befallsentwicklung und den Erträgen?
- Lassen sich Unterschiede in der Größe der geernteten Möhren feststellen (Gewicht, Durchmesser, Länge)?
- Können die Erträge mit den eingesetzten biologischen Pflanzenschutzmitteln gesichert werden?

2. Literatur

2.1 Kulturpflanze Möhre

Die Möhre (*Daucus carota*) gehört zu der Familie der Doldenblütler (*Apiaceae*). Die Vorfahren der heutigen Kultursorten sind vor über 1000 Jahren über Asien nach Europa gelangt. Sie bilden im ersten Jahr aus Primärwurzel und einem kurzen Teil des Hypokotyls die Rübe. Nach mehrwöchiger Vernalisation bei 1-10 °C blüht sie im Sommer des zweiten Jahres. Kommt es zum Schossen im ersten Jahr ist die Wurzel hart und unbrauchbar. Zu ihren ernährungsphysiologisch wertvollen Inhaltsstoffen gehören vor allem Carotin, Vitamine (C und E), Mineralstoffe und ätherische Öle (Wonneberger und Keller 2004, S. 121–122).

Die Möhre ist die dominierende Gemüseart im Freilandanbau in der deutschen Landwirtschaft. 2021 wurden 962000 Tonnen im Freiland geerntet und die gesamte Anbaufläche in Deutschland im Freiland umfasste 14900 Hektar (Destatis 2022a).

Unter den Bundesländern war Nordrhein-Westfalen auch 2021 mit 4771 Hektar Anbaufläche Spitzenreiter, gefolgt von Niedersachsen mit 2433 Hektar und Rheinland-Pfalz mit 1895 Hektar. An Erntemenge entsprach das in Nordrhein-Westfalen 327083 Tonnen, in Niedersachsen 173251 Tonnen und in Rheinland-Pfalz 102192 Tonnen (Destatis 2022b).

Dank ihrer guten Lagerfähigkeit können einheimisch erzeugte Möhren fast das ganze Jahr über auf den Markt gebracht werden. Damit gehören Möhren zu den wenigen Gemüsearten, bei denen Deutschland einen relativ hohen Selbstversorgungsgrad erreichen kann (2018/19 ca. 70 %) (IVA 2020, S. 3).

Möhren werden in ganz Deutschland angebaut, weil sie mit unterschiedlichen Bodenbedingungen zurechtkommen können. Ihr Anbau erfolgt oft auf leichteren Böden, aber auch auf schwereren Böden liefern sie vor allem in Dammkultur sehr gute, lagerfähige Erträge. Böden, die zu Verschlammung oder Vernässung neigen, sind nicht geeignet. Mist- oder Kompostdüngung direkt vor dem Möhrenanbau sollte vermieden werden, Möhren als Mittelzehrer sollten auf Flächen mit frischer Mistgabe möglichst erst als dritte Hauptkultur stehen (Wonneberger und Keller 2004, S. 122). Ein Humusgehalt von über 4 % wirkt sich negativ auf die Waschbarkeit der Möhren aus und birgt durch die unkontrollierte Stickstoff-Freisetzung die Gefahr von zu hohen Nitrat-Werten im Erntegut. Als Vorfrucht gut geeignet sind alle Getreidearten. Bei Körnermais und Kohl als Vorfrucht können Stängelreste die Aussaat beeinträchtigen. Chicorée, Kleearten, Luzerne und Zuckerrübe können Nematoden und Rhizoctonia übertragen. Darüber hinaus kann die Kartoffel als Vorfrucht neben der Übertragung von Rhizoctonia auch durch den Krautdurchwuchs problematisch für die Unkrautbekämpfung werden (Eghbal 2009, S. 164).

Es wird ein vier- bis fünfjähriger Fruchtwechsel empfohlen, wobei die Anbaupause auch die Doldenblütler Fenchel, Pastinaken, Petersilie, Sellerie berücksichtigen sollte (Wonneberger und Keller 2004, S. 122). Um das Befallsrisiko mit Möhrenfliegen zu senken, empfiehlt sich neben windoffener Lage der Fläche ein weiträumiger Abstand zu vorjährigen Möhrenflächen und Mietenplätzen, auch aus diesem Grund sollte auf die Düngung mit Mist verzichtet werden (Eghbal 2009, S. 165).

Möhren werden überwiegend im Freiland angebaut. Insbesondere frühe Bundmöhren werden gelegentlich im geschützten Anbau oder unter Folie oder Vlies kultiviert. Sorten, Aussaat und Anzucht unterscheiden sich nach Vegetationsdauer, Form, Größe und Verwendungszweck. Während Frühmöhren 60-90 Tage Kulturzeit benötigen, sind es bei Lager- und Industriemöhren 105-195 Tage. Es gibt vielfältige Formen und Größen, die Wahl der Sorte wird in der Regel im Hinblick auf die Wünsche der Abnehmer getroffen. Bei der Vermarktung an den Lebensmitteleinzelhandel zum Beispiel spielen Größe und Uniformität für die Verpackung eine Rolle. Die Sorten werden nach Länge und Form (rund, kreiselförmig, zylindrisch, konisch) typisiert. Außerdem ist, neben den Ausprägungen wie Farbe und Glätte der Haut, auch die Neigung zur Grünköpfigkeit und Schulterbildung sortenabhängig. Daneben gibt es Sorten mit Toleranzen gegenüber pilzlichen und bakteriellen Schaderregern (Wonneberger und Keller 2004, S. 123-125). Die Hybrid-Sorten Bolero, Ceres, Champion, Frodo, Maestro, Napoli, Siroco, Soprano und Teodor sind 2022 als tolerant gegen Echten Mehltau vermarktet worden (LTZ und DLR 2022, S. 109). Eigenschaften wie Bruch-, Platzfestigkeit und Laubentwicklung sind Auswahlkriterien im Hinblick auf die geplante Erntetechnik (Wonneberger und Keller 2004, S. 123-124). Zu wichtigen Anforderungen an die sensorischen Qualitäten gehören die durch die Inhaltsstoffe bestimmten Faktoren wie Süße und Bitterkeit (Hedrich und Rascher 2019, S.5).

Bei der auf der Versuchsfläche ausgesäten Sorte handelte es sich um die Sorte 'Nerac' F1, eine Lagermöhrensorte vom Typ Nantaise. Dieser Typ liefert halblange, zylindrische Möhren (Wonneberger und Keller 2004, S. 123). Im Sortenversuch zeichnete sich 'Nerac' F1 durch hohe Markterträge bei überdurchschnittlicher Uniformität aus. Die Entwicklungsdauer wird vom Züchter mit 130 Tagen angegeben (Hedrich und Rascher 2019, S. 1).

Ertragsrelevante biotische Schäden werden im Möhrenanbau durch Erreger verursacht, die entweder direkt den Wurzelkörper schädigen oder indirekt über die Schädigung des Laubs die Assimilationsfähigkeit der Pflanze einschränken und so die Entwicklung der Wurzel hemmen können. So zerfressen die Larven von Möhrenfliegen und Möhrenminierfliegen die Rüben, während Möhrenblattfloh, Blattläuse und Zahnflügelfalter über die negativen Wirkungen auf das Laub die Möhre schädigen. Bakterielle Erreger wie *Xanthomonas campestris* führen zu nekrotischem Laub, während *Streptomyces scabies* zu Wuchsdeformationen der Möhre führt. Zu schweren Einbußen können Erreger von Lagerkrankheiten führen. Dazu gehören Arten von *Sclerotinia*, *Rhizoctonia*, *Alternaria*, *Botrytis* und *Erwinia*. Flecken auf den Rüben werden durch pilzliche Erreger wie *Chalaropsis thielavoides*, *Thielaviopsis basicola*, *Alternaria radicina*, *Sclerotinia sclerotiorum* und Arten von *Pythium* verursacht. Auswirkungen auf das Laub haben die Pilze *Alternaria dauci*, *Cercospora carotae* und *Erysiphe heraclei*. Wobei das Auftreten von *Erysiphe heraclei*, dem Erreger des Echten Mehltau, stark von den klimatischen Bedingungen abhängt und in Deutschland besonders in trockenen Sommern auftritt (Wonneberger und Keller 2004, S. 129). Die Schadschwelle wird jedoch oft nicht erreicht und der Befallsdruck kann durch einfache Maßnahmen, wie den gezielten Einsatz der Beregnung, verringert werden (Eghbal 2009, S. 167).

Die Ernte erfolgt in der Regel mechanisiert, Handarbeit ist am ehesten noch bei den Bundmöhren üblich, wobei auch diese mit Klemmbandrodern geerntet werden können und dann im Anschluss per Handarbeit gebündelt werden. Lagermöhren werden vorwiegend mit dem Klemmbandroder geerntet, aber auch eine Ernte mit Krautschläger und Siebkettenroder (wie bei der Kartoffel) ist möglich und wird praktiziert (Wonneberger und Keller 2004, S. 126).

2.2 Pathogen Echter Mehltau

Echte Mehltapilze gehören zu den echten Pilzen (Fungi) und zum Stamm der Schlauchpilze (Ascomycota), die die weltweit artenreichste Gruppe von Phytopathogenen stellen (Hallmann und Tiedemann 2019, S. 66). Echte Mehltapilze sind obligate, hochspezifische und weltweit verbreitete Ektoparasiten. Namesgebend sind die makroskopisch zu erkennenden, weißlichen Sporen (Konidien), die einen mehlähnlichen Belag auf der Pflanzenoberfläche bilden. Sie werden von den Konidiophoren abgeschnürt und können mit dem Wind verbreitet werden (Hallmann und Tiedemann 2019, S. 70). Es gibt Arten (*Blumeria graminis*, *Erysiphe betae*), deren Konidien sich so über mehrere hundert Kilometer verbreiten können (Glawe 2008, S. 32).

Echter Mehltau gehört dank seiner charakteristischen Symptome zu den leicht zu erkennen- den Pilzkrankungen. Durch die Vielfalt von Arten des Pilzes und der Wirtspflanzen (nur Gymnospermen werden nicht befallen) gibt es, global gesehen, keine andere Pilzkrankung, die so große Verluste verursacht. Zu seinen Besonderheiten gehört es, dass für die Keimung und Freisetzung der Sporen schon eine erhöhte Luftfeuchtigkeit ausreichend ist. Hat sich die Infektion etabliert, kann sich das Mycel unabhängig von der Feuchtigkeit auf der Pflanzenoberfläche ausbreiten. Dementsprechend ist sein Vorkommen und insbesondere die wirtschaftliche Bedeutung in warmen und trockenen Gegenden größer als in Klimazonen beziehungsweise in Jahren mit hohen Niederschlägen (Agrios 2005, S. 448). Glawe vermutet, dass die globale Ausbreitung von Arten des Echten Mehltaus bereits eine Reaktion auf den Klimawandel ist (Glawe 2008, S. 27).

Echte Mehltapilze sind obligate Parasiten, die zwar meistens auf der Blattoberseite zu finden sind, aber auch Unterseite, Stängel, Blüten und Früchte befallen können. Sie führen selten direkt zum Absterben des Wirtspflanzengewebes. Ihr Mycel breitet sich auf der Oberfläche aus, nur ihre Saugorgane (Haustorien) dringen in die Epidermiszellen ein (Agrios 2005, S. 448).

Der Echte Mehltau an Möhren wird in Deutschland vor allem durch den Befall mit *Erysiphe heraclei* ausgelöst (Klenke 2015, S. 335–336). Befallen werden Apiaceae (Doldenblütler), eine Familie, unter der sich nicht nur einige Gemüsearten von wirtschaftlicher Bedeutung befinden wie Möhren, Pastinak, Sellerie, Petersilie, Fenchel, Koriander oder Dill (Glawe 2008, S. 34), sondern auch viele Wildpflanzen, die als "grüne Brücke" zwischen den Anbausaisons der Kulturen dienen können (Roy 2000, S. 6).

Die Infektion beginnt, wenn Ascospore (Hauptfruchtform oder Teleomorphe) oder Konidie (Nebenfruchtform oder Anamorphe) auf einem empfänglichen Wirt landen. Wind spielt im Freilandanbau bei der Ausbreitung eine wichtige Rolle (Glawe 2008, S. 31–32). Im geschützten Anbau leisten Ventilatoren und die Übertragung über Kleidung einen großen Beitrag zur Verbreitung der Konidien. Die schnellste Ausbreitung des Befalls erfolgt bei Temperaturen zwischen 18 und 25 °C. Hohe relative Luftfeuchtigkeit begünstigt die Keimung der Sporen (Girard et al. 2017, S. 352). Ungefähr 10 Stunden nach der Infektion bilden sich Hyphen mit Appressorien. Von den Appressorien wiederum werden Penetrationshyphen produziert (Glawe 2008, S.29-30). Nach der Penetration der Epidermiszellwand werden Haustorien ausgebildet, die der Pflanze Nährstoffe entziehen können, ohne die Wirtszelle abzutöten (Hallmann und Tiedemann 2019, S. 71). Werden die Umweltbedingungen für den Pilz schlechter (Niederschläge, kältere Jahreszeit, nachlassendes Nährstoffangebot des Wirtes durch Abreife) vermehren sie sich geschlechtlich und produzieren Kleistothozien, die einen bis wenige Asci enthalten können (Agrios 2005, S. 448). Diese Ascosporen überwintern auf Kultur- oder Wildpflanzen. Im Frühjahr sind sie gereift, absorbieren Wasser und brechen auf (Agrios 2005, S. 452).

Unter optimalen Bedingungen kann ein Entwicklungszyklus in 7 Tagen ablaufen. Kulturen werden mit zunehmendem Alter empfänglicher, bei Möhren liegt diese Zeit bei etwa 7 Wochen nach Aussaat. Trockenstress und fehlender Niederschlag beziehungsweise fehlende Überkopfberegnung begünstigen die Entwicklung (Koike et al. 2007, S. 104).

Echter Mehltau ist in Europa verantwortlich für den Großteil der Fungizid Verkäufe (van Aubel et al. 2014, S. 130). Folgt man Gemüsebauratgebern für den deutschsprachigen Raum, ist Echter Mehltau an Möhren kein flächendeckendes Problem und wird, wenn er dann auftritt, als gut bekämpfbar eingeschätzt. Das liegt zum einen daran, dass andere Schaderreger nicht nur die Erntemenge sondern auch die Qualität des Ernteguts sehr viel stärker herabsetzen können (z.B. *Erwinia*, *Alternaria*). Zum anderen ist die Ertragswirksamkeit von Echtem Mehltau abhängig vom Zeitpunkt des Auftretens (Hallmann und Tiedemann 2019, 187). Bei später Infektion kann der Befall oft unter der Schadschwelle bleiben (Eghbal 2009, S. 167). Einen Beitrag zur Minderung des Befalls können Beregnung oder Niederschlag leisten (Crüger 2002, S. 91).

Der Schaden an der Pflanze entsteht durch den Entzug von Assimilaten (Hallmann und Tiedemann 2019, S. 71) und die herabgesetzte photosynthetische CO₂-Assimilation (Magyarosy et al. 1976, S. 486). Zur Erhöhung von Atmung und Verdunstung kommt es, indem der Pilz den Öffnungszustand der Stomata beeinflusst (Hallmann und Tiedemann 2019, S. 167). Infizierte Blätter werden erst chlorotisch und sterben später ab (Watson 2016, S. 30).

In starken Befallssituationen kann es zu Ertragseinbußen in Höhe von 20-40 % kommen (Agrios 2005, S. 448). Tritt der Befall relativ früh auf, versucht die Pflanze den Verlust durch Neuaustrieb auszugleichen, wofür sie Energie benötigt, die sie nicht mehr in das Massennwachstum der Rübe stecken kann (Weier 2022).

Ein großer Verlust an gesunder Blattmasse kann bei dem Einsatz von Klemmbandrodern zu zusätzlichen Ernteverlusten führen (Watson 2016, S. 29).

Darüberhinaus findet die Nitratreduktion im Blattapparat statt, so dass eine verringerte Assimilationsfläche den Nitratgehalt der Möhre erhöht, welcher zum Beispiel beim Anbau von Möhren für Babynahrung ein wichtiges Qualitätskriterium ist (Bernhold 2003, S. 123).

2.3 Fungizideinsatz im Möhrenanbau

2.3.1 Zulassungssituation

Die im Versuchszeitraum zugelassenen Fungizide in Freilandmöhren gehören, eingeordnet nach ihrer Wirkungsweise vom Fungicide Resistance Action Committee (FRAC), zu 10 verschiedenen Wirkstoffgruppen: Strobilurine (Azoxystrobin, Pyraclostrobin, Trifloxystrobin), Succinat-Dehydrogenase-Hemmer (Boscalid, Fluxapyroxad, Fluopyram), Azole (Difenoconazol, Tebuconazol), Anilino-Pyrimidine (Cyprodinil, Pyrimethanil), 2,6-Dinitro-Aniline (Fluazinam), Phenylpyrrole (Fluodioxonil), Kalium-Verbindungen (Kaliumbicarbonat) und die

Kontaktfungizide aus der Gruppe der anorganischen Verbindungen (Kupferhydroxid, Kupferoxychlorid, Schwefel). Aus der Gruppe der mikrobiellen Wirkstoffe sind 2 Stämme von *Bacillus amyloliquefaciens* (Stämme FZB24 und QST 713) und 3 Pilze, *Clonostachys rosea* Stamm J1446, *Coniothyrium minitans* Stamm CON/M/91-08 und *Trichoderma atroviride* Stamm I-1237, aus der Gruppe der Elicitoren sind das polysaccharide COS-OGA und der mikrobielle Elicitor aus der Gruppe der *Saccharomyces spp.* (Cerevisane) als Fungizide zugelassen (PS Info).

Gegen Echten Mehltau an Möhren sind davon Mittel aus 7 Wirkstoffgruppen ausgewiesen. Allerdings sind viele der zugelassenen chemisch-synthetischen Mittel mittel bis hoch resistenzgefährdet. Resistenzgefährdet sind insbesondere die Präparate aus den Gruppen Strobilurine und Carboxamide. Außerdem sind viele Mittel auf dem Markt, die die gleichen Wirkstoffe beziehungsweise Stoffe der gleichen Wirkstoffgruppen enthalten. So sind mit der Indikation Echter Mehltau seit 2020 fünf neue Mittel in Möhre zugelassen worden, deren Wirkstoffe beziehungsweise Wirkstoffkombinationen in bereits zugelassenen Präparaten enthalten sind, so dass das Resistenzmanagement durch ihre Zulassung nicht erleichtert wurde. So enthält zum Beispiel Dagonis[®], seit 2021 zugelassen, neben Difenoconazol das bis dahin nicht in Möhre zugelassene Fluxapyroxad, aber das ist als Succinat-Dehydrogenase-Hemmer aus Resistenzsicht kritisch zu betrachten (Weier 2022). Die Zulassung des Substitutionskandidaten Isopyrazam, ebenfalls ein Succinat-Dehydrogenase-Hemmer, wurde zum 08.09.2022 widerrufen, nachdem der Stoff 2020 von der EU als reproduktionstoxisch und karzinogen eingestuft wurde (Europäische Kommission 18.05.2022, S. 1). Es stehen außerdem mikrobielle Fungizide und Fungizide auf der Basis von natürlichen Stoffen zur Verfügung. Zwei mikrobielle Wirkstoffe und der Elicitor COS-OGA sind zum Einsatz gegen Echten Mehltau zugelassen. Der auf Hefe basierende Elicitor Cerevisane ist wirksam gegen Falschen Mehltau in Salat und seit Januar 2022 liegt eine Zulassungserweiterung gegen Falschen Mehltau in Möhre vor. Seit 2019 kann *Coniothyrium minitans* zur Verminderung der Bodenverseuchung durch Sklerotinia-verseuchte Ernterückstände eingesetzt werden. Ein biologisches Mittel zur Saatgutbehandlung gegen Auflaufkrankheiten ist mit *Pythium oligandrum* M1 seit 2021 in Gemüsekulturen zugelassen (ISIP).

Die Zulassungssituation ließ 2022 genügend Auswahl zur wirksamen und resistenzvermeidenden Bekämpfung von Echtem Mehltau zu. Allerdings ist diese Auswahl nicht groß und der Trend der letzten Jahre, dass, abgesehen von den biologischen Pflanzenschutzmitteln, keine neuen Wirkstoffe zugelassen werden, setzte sich fort. Die Gründe für diese Entwicklung liegen laut Wick et al. einerseits bei den Zulassungsbehörden mit ihren langen Bearbeitungszeiten, insbesondere wenn es um die Anträge auf Zulassungserweiterung geht. Andererseits besteht für die Substitutionskandidaten das Risiko, keine Zulassung mehr zu bekommen, und als grundsätzlich problematisch wird beurteilt, dass es "zu wenige Neuentwicklungen innovativer Pflanzenschutzmittel" gibt (Wick et al. 2018, S. 8).

2.3.2 Chemisch-synthetische Fungizide

Strobilurine werden seit 1996 als Fungizide eingesetzt. Entdeckt wurden sie zunächst als antibiotisch wirksame Stoffe im Isolat des Holz zersetzenden Pilzes *Strobilurus tenacellus*, der Strobilurin bildet, um sich vor den anderen Mikroben zu schützen und sich damit einen Vorteil zu verschaffen (Agrios 2005, S. 342). Nach der Grundstruktur dieses Stoffes wurden synthetische und damit stabilere Strobilurine wie Kresoxym-methyl und Azoxystrobin hergestellt und als Fungizide auf den Markt gebracht (Dayan et al. 2009, S. 4032). Sie haben ein breites Einsatz- und Wirkungsspektrum, insbesondere was die Erreger von Blattfleckenkrankheiten betrifft. Sie wirken teilsystemisch protektiv, das heißt sie werden nicht in der gesamten Pflanze verteilt, sondern dringen langsam translaminar über Diffusion und Spaltöffnungen in das Blatt ein und können so auch die Pflanzenteile schützen, die nicht unmittelbar mit dem Mittel in Berührung gekommen sind (z.B. die Blattunterseiten). Diese Wirkung ist länger anhaltend und schützt auch den Blattzuwachs (Agrios 2005, S. 342). Strobilurine greifen hemmend in die Atmungskette der Pilzzelle ein, sie blockieren den Elektronentransfer und damit die Quinol Oxidation am Cytochrom-b1-Komplex, so dass ATP nicht mehr gebildet werden kann. Dieser spezifische Wirkmechanismus ist es, der die Strobilurine so resistenzanfällig macht (Agrios 2005, S. 342). Sie sind sehr toxisch für Wasserlebewesen und unter ungünstigen Bedingungen auswaschungsgefährdet. Wegen ihrer Auswaschungsgefahr dürfen einige der zugelassenen Präparate in bestimmten Anwendungen im Freiland nicht auf drainierten Flächen eingesetzt werden (BVL 2022). Strobilurine haben nur schwache kurative und eradikative Eigenschaften und sollten protektiv eingesetzt werden (Lewis et al. 2016).

Succinat-Dehydrogenase-Hemmer wirken über die Hemmung des Elektronentransports in der Atmungskette auf den Schaderreger. Ihre Wirkung ist systemisch protektiv, das heißt sie werden durch die Blätter aufgenommen und verlagert (akropetaler Transport), verhindern die Sporenkeimung und hemmen das Mycelwachstum (Lewis et al. 2016). Aufgrund des spezifischen Wirkmechanismus besitzen sie ein mittleres bis hohes Resistenzrisiko. Das Wirkungsspektrum umfasst einige Blattfleckenenerreger, gegen *Rhizoctonia* und Echten Mehltau ist die Wirkung eher schwach. In Möhren sind sie in Kombinationspräparaten mit Strobilurinen oder Triazolen auf dem Markt (BVL 2022).

Triazole weisen ein mittleres Resistenzrisiko auf, wobei zum Beispiel Difenoconazol wie das Strobilurin Azoxystrobin zu Kreuzresistenzen führen kann. Sie zerstören die Membranfunktion des Schaderregers über den Eingriff in die Ergosterol-Biosynthese, indem sie die Demethylierung hemmen. Daher wird diese Wirkstoffgruppe auch als DMI-Fungizide bezeichnet (Demethylierungs-Inhibitoren). Ergosterol ist ein Grundbaustein der Zellwand von Pilzen, durch den Eingriff in dessen Synthese wird die Membranfunktion zerstört (Lewis et al. 2016). Triazole wirken systemisch, sowohl kurativ als auch langanhaltend protektiv (Agrios 2005, S. 342). Die Schaderreger werden sowohl am Eindringen in die Wirtspflanze als auch an der

Vermehrung gehindert. Durch die systemische Verteilung über das Xylem wird die ganze Pflanze geschützt (Agrios 2005, S. 340). Zu den in Möhre zugelassenen Triazolen gehören Difenoconazol und Tebuconazol. Das Wirkungsspektrum umfasst pilzliche Blattfleckererregere wie zum Beispiel *Alternaria*, *Cercospora*, *Ramularia*, Echte Mehltau- und Rostpilze. Daneben wirken DMI-Fungizide auch gegen den Erreger der Wurzelhals- und Stängelfäule, *Leptosphaeria maculans*. In der EU werden sie aufgrund ihrer Eigenschaften (persistent-bioakkumulativ-toxisch) als Substitutionskandidaten gelistet (Lewis et al. 2016). Diese Einstufung bedeutet, dass Mittel, die gelistete Wirkstoffe enthalten, im Zulassungsverfahren höhere Hürden nehmen müssen, weil geprüft werden muss, ob es sicherere, alternative Mittel ohne nachteilige Auswirkung auf das Resistenzmanagement gäbe. Wäre das der Fall, könnten Anwendungen oder Mittel vom Markt genommen werden (IVA 2015, S. 2). In Rückstandsuntersuchungen im Rahmen des Nationalen Aktionsplans zum nachhaltigen Einsatz von Pflanzenschutzmitteln gehörten auch Difenoconazole, Tebuconazole und deren Metaboliten zu den am häufigsten nachgewiesenen Substanzen in Oberflächengewässern und oberflächennahem Grundwasser (BMEL 2021, S. 31).

Anilino-Pyrimidine wirken über die Hemmung der Methionin Proteinbiosynthese (Lewis et al. 2016). Zur Anwendung in Möhren sind Cyprodinil (zusammen mit dem Phenylpyrrol Fludioxonil) und Pyrimethanil zugelassen (PS Info). Sie wirken als Kontaktfungizid, translaminar (Neuzuwachs im Blatt wird geschützt, neu angelegtes Blatt wird nicht geschützt) und verhindern, dass Schadpilze zellwandzerstörende Enzyme ausscheiden und ihre Keimschläuche ins Pflanzengewebe eindringen können (PS Info). Sie sollten protektiv eingesetzt werden (Weier 2022). Wirkstoffe dieser Gruppe besitzen ein mittleres Resistenzrisiko. Das Wirkungsspektrum umfasst *Botrytis*, Falschen und Echten Mehltau (PS Info).

Mit Fluazinam ist ein Wirkstoff der Gruppe 2,6-Dinitro-Aniline in Möhren zugelassen. Das Resistenzrisiko ist niedrig. Fluazinam hat ein breites Wirkungsspektrum, sowohl gegen bodenbürtige Schaderreger als auch gegen Erreger von Blattfleckenkrankheiten und wirkt zudem leicht akarizid. Allerdings wirkt es nicht systemisch und nur protektiv (Lewis et al. 2016). Es unterbricht die Atmungsaktivität des Schaderregers über die oxidative Phosphorylierung und verhindert damit die Sporenkeimung und -entwicklung. Nach Angaben der Landwirtschaftskammer Niedersachsen ist die Einhaltung der Rückstandshöchstgehalte bei diesem Wirkstoff nicht immer gewährleistet (Weier 2022).

Aus der Gruppe der Phenylpyrrole ist nur Fludioxonil in Möhre zur Saatgutbehandlung gegen *Alternaria*-Arten zugelassen (PS Info). Es besitzt ein breites Wirkungsspektrum gegen die meisten Schadpilz-Arten (ausser Oocmyceten), insbesondere gegen bodenbürtige Erreger von Auflaufkrankheiten wie *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Botrytis*, *Penicillium*. Seine Wirkungsweise ist jedoch nicht bis ins Detail bekannt. Es hyperaktiviert den High Osmolarity Glycerol Signalweg, der für die Osmoregulation des Pilzes verantwortlich ist und führt damit zu einer

Zellreaktion, die dem des osmotischen Stresses gleicht, aber auf einem anderen Weg hervorgerufen wird. Das Mycelwachstum wird dadurch gehemmt. Obwohl es seit über 30 Jahren im Pflanzenschutz genutzt wird, sind kaum Resistenzen bekannt (Bersching und Jacob 2021, S. 7). Es wirkt bei Kontakt mit dem Schaderreger und vorwiegend protektiv (Lewis et al. 2016). In Möhren ist es zur Zeit das einzige zugelassene chemische Beizmittel, so dass es zur Saison 2022 eine Notfallzulassung des Acylalanins Metalaxyl-M nach Art. 53 der Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 in Verbindung mit §29 des Pflanzenschutzgesetzes zum Import von gegen *Pythium*-Arten gebeiztes Saatgut gab. In Folge der Erneuerung der Genehmigung für Metalaxyl-M wurden die Anwendungen im Freiland als risikoreich für Vögel und Säugetiere eingestuft (Europäische Kommission 06.05.2020, S. 2) und zum 01.06.2021 wurde vom BVL das Ruhen der Freilandanwendungen angeordnet.

Nach der Pathogen Risk List, in der das FRAC Schaderreger nach ihrem Risiko, Resistenzen gegen Fungizide zu entwickeln, einstuft, besteht für den Echten Mehltau in Möhren (*Erysiphe heraclei*) ein mittleres Risiko (FRAC 2019, S. 3).

2.3.3 Anorganische Fungizide

Anorganische Fungizide gehören zu den ältesten Pflanzenschutzmitteln. So wird Schwefel seit rund 200 Jahren als Fungizid verwendet und auch über den Einsatz von Bicarbonaten gibt es seit einigen Jahrzehnten positive Erfahrungsberichte (Watson 2016, S. 30).

Die Kontakt-Wirkstoffe aus den Gruppen der Kupfer- und Schwefelverbindungen sind sogenannte Multi-Site-Fungizide (FRAC Gruppe M). Das heißt sie wirken auf mehreren Wegen, so dass das Resistenzrisiko niedrig ist.

Die Kupfer-Verbindungen Kupferoxy- und Kupferhydrochlorid sind gegen viele pilzliche Blattfleckenerreger wirksam. In Möhren ist Kupferoxychlorid in einem Präparat gegen bakterielle Schaderreger, *Alternaria* und *Cercospora* zugelassen, Kupferhydrochlorid als Cuprozin progress[®] gegen *Alternaria*. Kupferhydrochlorid ist auch gegen Echten Mehltau wirksam, in Möhren allerdings nicht mit dieser Indikation zugelassen. Kupfer-Verbindungen sollten protektiv eingesetzt werden. Es sind die Kupferionen, die fungizid wirken, indem sie bei Kontakt mit dem Schaderreger dessen Enzyme blockieren, was zum Absterben des Schaderregers führt. Das Resistenzrisiko ist bei Kupfer-Verbindungen zwar gering, allerdings wird Kupfer als Schwermetall im Boden nicht abgebaut und hat die Eigenschaft sich dort anzureichern (Lewis et al. 2016).

Durch die wenigen im ökologischen Anbau verfügbaren Fungizide ist es in den letzten Jahren vor allem im Wein-, Hopfen- und Kartoffelanbau zur Anreicherung in den Böden gekommen (Mering et al. 2016). Aufgrund dieser Problematik wurde die Kupferminimierungsstrategie als Teil des Nationalen Aktionsplans zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln entwickelt, der die EU-Richtlinie 2009/128/EG umsetzen soll (BMEL 2013, S. 9). Kupferoxychlorid und Kupferhydrochlorid sind Substitutionskandidaten, daher erfolgte ihre letzte

Zulassung am 01.01.2019 für 5 Jahre und unter den Vorgaben der europäischen Verordnung (EG) 1107/2009 als Pflanzenschutzmittelwirkstoff mit der Beschränkung der maximalen Ausbringungsmenge auf 28 kg/ha bezogen auf einen Zeitraum von 7 Jahren.

Schwefel und seine Umwandlungsprodukte stören den Stoffwechsel des Pilzes an mehreren Stellen. Die Schwefelpartikel bilden durch Einwirkung von Feuchtigkeit, Licht und Sauerstoff für die Schadpilze giftiges Schwefeldioxid, dringen aufgrund ihrer Lipidlöslichkeit leicht in die Zellmembran ein und töten die Zellen von innen ab (Kühne et al. 2020). Daneben wirkt Schwefel teilweise auch über die Dampfphase und damit auch an nicht direkt getroffenen Stellen (LVWO 2020). Es besitzt auch eine leicht akarizide Wirkung (Lewis et al. 2016).

Kaliumhydrogen(=bi)carbonat ist ein natürlich vorkommendes Salz (z.B. Meerwasser, Silikate, Früchte) und erhielt die Erstzulassung 1994 in den USA, seit über 10 Jahren wird es in der EU vermarktet. Es wird industriell hergestellt mittels Kohlendioxid und wässriger Kaliumcarbonat-Lösung. Kaliumhydrogencarbonat wirkt osmotisch und über die Beeinflussung des pH-Wertes auf Sporen und Mycel, Pilzhyphenwände werden geschädigt und Konidien schrumpfen. Dadurch wirkt es sowohl protektiv als auch kurativ (Lewis et al. 2016). Auch in Nachernte-Applikationen wurden die das Pilzwachstum hemmenden Effekte auf die Änderungen des pH-Wertes ins Alkalische zurückgeführt. Außerdem wurde vermutet, dass durch Bicarbonate auch die Membranpermeabilität und physiologische Mechanismen wie die oxidative Phosphorylierung beeinträchtigt werden (Olivier et al., 1998) nach (Soliman und El-Mohamedy 2017, S. 418). Auch eine eradikative Wirkung konnte Kaliumhydrogencarbonat nachgewiesen werden, es kann die Vitalität von Askosporen in Chasmothecien reduzieren (Redl et al. 2021, S. 5). Trotz der leicht kurativen Wirkung sollte es aber schon vorbeugend eingesetzt werden. Seine ökotoxikologischen Vorteile liegen darin, dass es im Boden sehr schnell abgebaut wird und kaum toxisch für Säugetiere und aquatische Lebewesen ist (Jamar et al. 2007, S. 221). Für Honigbienen besteht ein moderates Risiko nur bei oraler Aufnahme des Salzes (Lewis et al. 2016). Auf die meisten Nützlinge wirkt es nicht schädigend, allerdings ist es schädigend für *Orius laevigatus* (Raubwanze) und *Typhlodromus pyri* (Raubmilbe) (BVL 2022). Die geringe Öko- und Säugertoxizität machen Kaliumhydrogencarbonate zu einem vorteilhaften Fungizid gegenüber verschiedenen phytopathogenen Pilzen, darunter Mehltaueregern in verschiedenen Gemüsekulturen, vor allem im geschützten Anbau von Fruchtgemüse (Koch et al. 2013, S. 4). Der Resistenzmechanismus von Erregern gegen Kaliumhydrogencarbonat ist noch unbekannt (FRAC Gruppe NC).

Auf der Grundlage der Verordnung (EU) 2018/848 (Art. 24 Abs. 1, a, b; Art. 24 Abs. 3, b) müssen Pflanzenschutzmittel im ökologischen Anbau "ihren Ursprung in Pflanzen, Algen oder Tieren haben beziehungsweise mikrobiellen oder mineralischen Ursprungs sein", weswegen in Freilandmöhre die Präparate aus Kupfer-, Schwefel- und Kaliumverbindungen ebenso wie die im folgenden Kapitel behandelten mikrobiellen Präparate und Elicitoren auf

Basis natürlicher Stoffe im ökologischen Anbau zugelassen sind (Europäisches Parlament 01.01.2022, S. 28).

2.3.4 Biologische Pflanzenschutzmittel

2.3.4.1 Definition und rechtliche Grundlagen

Der Begriff biologische Pflanzenschutzmittel umfasst in Deutschland natürlich vorkommende Gegenspieler von Schaderregern wie Insektenviren, insektenpathogene Pilze und Mikroorganismen, Naturstoffe, Nützlinge (Makroorganismen) und chemische Botenstoffe, die mit dem Ziel eingesetzt oder entwickelt werden, eine umweltschonendere Alternative zum chemischen Pflanzenschutz zu bieten (JKI). Nach der International Biocontrol Manufacturers Association (IBMA) sind wichtige Kriterien für diese Mittel nicht pathogen, nicht schädigend für Menschen zu sein und nicht zu der Entwicklung antimikrobieller Resistenzen human- oder veterinärmedizinisch relevanter Schaderreger beizutragen (IBMA, S. 3). Im englischen Sprachraum wird oft der Begriff Biological Control Agents (BCA) genutzt, der im ursprünglichen Sinn nur lebende Organismen umfasste, aber heute vor allem aus vermarktungstechnischen Gründen mitunter auch auf nicht lebende Stoffe natürlicher Herkunft ausgeweitet wird. Da nach Stenberg et al. die strikte Trennung zwischen beiden Gruppen aus wissenschaftlicher und regulatorischer Sicht durchaus berechtigt sei, mache der Überbegriff "Biological Protection" (Biologischer Pflanzenschutz) Sinn, in dem sich die beiden Gruppen Biological Controls und Natural-based Substances befinden, erstere umfasst lebende Organismen, die zweite nicht lebende Stoffe (Stenberg et al. 2021, S. 667). Damit folgen sie der Definition der IBMA, die den Überbegriff "Bioprotection" nutzt (IBMA, S. 2). Demnach wäre *Bacillus amylo-liquefaciens* der Gruppe der mikrobiellen Substanzen unter den Biological Control Agents zuzuordnen, während COS-OGA zu den Stoffen natürlicher Herkunft zählt.

Rechtlich fallen biologische Pflanzenschutzmittel zusammen mit den chemischen Pflanzenschutzmitteln unter die Verordnung (EG) Nr. 1107/2009. Hier werden alle Wirkstoffe, die "Pflanzen oder Pflanzenerzeugnisse vor Schadorganismen schützen oder deren Einwirkung vorbeugen" und "in einer anderen Weise als Nährstoffe die Lebensvorgänge von Pflanzen" beeinflussen als Pflanzenschutzmittel bezeichnet (Art. 2 Abs. 1, a, b Verordnung (EG) Nr. 1107/2009). Mikroorganismen, die eine allgemeine oder spezifische Wirkung gegen Schadorganismen haben, werden ausdrücklich den Pflanzenschutzmitteln zugeordnet (Art. 2 Abs. 2 Verordnung (EG) Nr. 1107/2009). Das deutsche Pflanzenschutzgesetz (PflSchG) definiert Pflanzenschutz als den Schutz vor Schadorganismen, nichtparasitären Beeinträchtigungen und Vorratsschadorganismen und schließt Tiere, Pflanzen und Mikroorganismen ausdrücklich ein in die Mittel, die zu diesem Zweck eingesetzt werden können (§2 Nr. 1, a, b PflSchG) (BMEL, S. 1).

Allerdings haben insbesondere Wirkstoffe auf Basis von Pflanzen und Mikroorganismen, zum Beispiel viele *Bacillus*-Arten, oft auch Eigenschaften, die die Gesundheit der Pflanze auf

andere Weise schützen und fördern können. Einige dieser Wirkstoffe finden sich in der neuen Düngeverordnung (EU) 2019/1009 unter den Pflanzen-Biostimulanzien wieder. Biostimulanzien fördern "die Effizienz der Nährstoffverwertung der Pflanzen, die Toleranz gegenüber abiotischem Stress, die Qualitätsmerkmale oder die Verfügbarkeit von Nährstoffen, die im Boden oder in der Rhizosphäre enthalten sind" (Abs. 22 Verordnung (EU) 2019/1009). Nach deutschem Recht sind diese Substanzen entweder Pflanzenstärkungsmittel, dann dienen sie der Gesunderhaltung der Pflanze und dem Schutz vor nichtparasitären Beeinträchtigungen über eine andere Weise als dem Schutz vor Schaderregern (§2 Nr. 10, a, b PflSchG). Oder sie fallen unter deutsches Düngegesetz (DüngG), wo sie entweder als Bodenhilfsstoffe definiert werden, wenn sie die biologischen, chemischen oder physikalischen Bodeneigenschaften beeinflussen, um die "Wachstumsbedingungen" für die Pflanzen zu verbessern (§2, Nr. 6, a, b DüngG), oder als Pflanzenhilfsmittel, die ausdrücklich keine Pflanzenstärkungsmittel sein dürfen, aber auf biologische oder chemische Weise einen "pflanzenbaulichen, produktionstechnischen oder anwendungstechnischen Nutzen" bringen (§2, Nr. 7 DüngG). Dass Wirkstoffe in mehrere dieser Kategorien fallen können, wird von den Gesetzgebern noch nicht ausreichend berücksichtigt, so dass Wirkstoffe, die als Pflanzenschutzmittel eingestuft wurden bisher noch nicht als Biostimulanzien registriert werden konnten, wie die Stämme einiger Arten von Bakterien wie *Bacillus* oder *Pseudomonas* oder von Pilzen wie *Trichoderma* (EBIC 2021, S. 3). Das deutsche Pflanzenschutzgesetz (PflSchG) definiert Pflanzenstärkungsmittel darüber, dass sie nicht als Pflanzenschutzmittel zugelassen sein dürfen (§2 Nr. 10, a, b PflSchG) und in der Kennzeichnung des Pflanzenstärkungsmittels darf sich kein Hinweis auf eine Wirkung befinden, aus der man schliessen könnte, es handele sich um ein Pflanzenschutzmittel (§45 Abs. 5 PflSchG) (BMEL, S. 28).

Die Verordnung (EU) Nr. 546/2011, zuletzt geändert am 21.11.2022, behandelt die Grundsätze für die Bewertung und Zulassung von Pflanzenschutzmitteln und unterscheidet dabei zwischen chemischen Pflanzenschutzmitteln (Teil A) und Pflanzenschutzmitteln auf mikrobieller Basis (Teil B). Während bei der Beurteilung der Wirkung von chemischen Pflanzenschutzmitteln ein "eindeutig feststellbare(r)n Nutzen in Bezug auf Intensität, Einheitlichkeit und Dauer der Bekämpfung oder des Schutzes" vorliegen muss (Teil A, 2.1.2 Verordnung (EU) Nr. 546/2011), müssen die Wirkungen von mikrobiellen Pflanzenschutzmitteln "zumindest höher als bei einer unbehandelten Kontrolle" und "nach Möglichkeit" ähnlich gut wie ein Referenzmittel sein (Teil B, 2.3.1.3 Verordnung (EU) Nr. 546/2011) (Europäische Kommission 2022b, S. 34–35).

Wird nach Verordnung (EU) 1107/2009 Artikel 1, Absatz (7) festgestellt, dass ein Wirkstoff ein "wesentlich niedrigeres Risiko darstellt als andere Stoffe", können sie in den Anhang IV der Verordnung aufgenommen werden (Europäisches Parlament, S. 2) und Hersteller müssen keinen Nachweis erbringen, dass Rückstandshöchstgehalte unterschritten werden (Charon et al. 2019, S. 23). Die meisten der in Anhang IV gelisteten Mittel gehören zu den

biologischen Pflanzenschutzmitteln (Charon et al. 2019, S. 24) und können damit im Gemüseanbau von Bedeutung sein, weil Rückstandshöchstgehalte von Pestiziden hier ein sehr wichtiges Thema sind. Insbesondere hoch spezialisierte Betriebe, die ihre Produkte ausschließlich oder zu großen Anteilen über große Lebensmitteleinzelhandelsketten (LEH) vermarkten, sind gegebenenfalls vertraglich verpflichtet, noch strengere Werte einzuhalten als die von staatlichen Stellen vorgegebenen (Wessels, S. 16). EU-weit obliegt es der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) Rückstandshöchstgehalte von Pflanzenschutzmitteln in Lebensmitteln festzulegen (Koch und Kreiselmaier 2020, S. 171). Sie werden auf Grundlage von Daten zur Toxikologie und Verzehrmenge bewertet, es besteht bei Überschreiten nicht notwendigerweise eine gesundheitliche Gefährdung, allerdings "kann der Handel mit diesem Erzeugnis untersagt werden" (LTZ und DLR 2022, S. 13). Nach einer Studie aus Niedersachsen stammen die meisten nachgewiesenen Rückstände aus systemischen Fungiziden (Ganninger-Hauck 2019, S. 20).

Dementsprechend niedriger fallen bei biologischen Pflanzenschutzmitteln die Wartezeiten aus, die darauf abgestimmt sind, die Einhaltung EU-weit geltender Rückstandshöchstmengen sicherzustellen, und ermöglichen damit einen Einsatz bis kurz vor dem Erntetermin (LTZ und DLR 2022, S. 13).

Die für den Einsatz in Freilandmöhre relevanten Zulassungen durch das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL), der in dieser Arbeit untersuchten biologischen Präparate *FytoSave*[®] und *TAEGRO*[®], erfolgten als Zulassungserweiterungen (PS Info) nach Artikel 51 der Verordnung (EG) Nr. 1107/2009. Zulassungserweiterungen sollen es ermöglichen, in Kulturen, die in geringem Umfang angebaut werden (dazu gehören die meisten Gemüsekulturen), Pflanzenschutzmittel nutzen zu können, die für den Einsatz in anderen Kulturen bereits zugelassen sind. Im Gemüsebau basieren ca. 65% aller zugelassenen Anwendungen von Pflanzenschutzmitteln auf Zulassungserweiterungen (Koch und Kreiselmaier 2020, S. 172). Für Zulassungserweiterungen müssen vom Antragssteller keine Wirkungsnachweise an das BVL geliefert werden (Europäisches Parlament, S. 26).

2.3.4.2 COS-OGA

Zur Verteidigungsstrategie der Pflanze gehört es, eine Reihe von Abwehrstoffen gegen Schaderreger zu bilden. Die Synthese dieser Abwehrstoffe wird durch Signalmoleküle, die zu Beginn des Befalls entstehen, ausgelöst. Diese Moleküle nennt man Elicitoren und sie können sowohl Proteine des Schaderregers als auch Polysaccharidfragmente der eigenen oder der Zellwand des Schaderregers sein (Heldt und Piechulla 2015, S. 387).

Durch die Bindung an den entsprechenden Rezeptoren wird eine Kette von Prozessen in Gang gesetzt. Über Enzyme werden Änderungen in der Expression von Genen angestoßen. So können beispielsweise Biosyntheseenzyme für Abwehrsubstanzen (wie z.B. Reaktive

Sauerstoffspezies, cytosolisches Calcium, Stickstoffmonoxid) oder weitere Botenstoffe gebildet werden (Heldt und Piechulla 2015, S. 465).

Zum Repertoire der Abwehrmechanismen, die von Elicitoren ausgelöst werden können, gehört auch die sogenannte hypersensitive Reaktion. Darunter versteht man, dass befallene Zellen Phenole produzieren, die zum eigenen Tod und zum Absterben der benachbarten Zellen führen. So wird biotrophen Pathogenen, die auf lebende Zellen angewiesen sind einerseits die Nahrungsgrundlage entzogen, andererseits bildet die Pflanze Lignin um das abgestorbene Gewebe, was dem Erreger die weitere Ausbreitung erschwert (Heldt und Piechulla 2015, S. 387).

Es ist mittlerweile gelungen, Stoffe, die als Elicitoren wirken, natürlich oder synthetisch herzustellen (Enebe und Babalola 2019, S. 18). Zu den natürlich hergestellten Elicitoren gehört das in Deutschland zugelassene COS-OGA. COS-OGA besteht aus einem Komplex von Chitosanen (Chitoligosacchariden) und Pektinen (Oligogalacturonides). Chitosan ist die deacetylierte Form des Chitins, das als natürlicher Bestandteil in Zellwänden von Pilzen, im Exoskelett von Insekten und im Panzer von Krebstieren vorkommt (Pichyangkura und Chadchawan 2015, S. 49).

COS-OGA simuliert das Pathogen. Pilze schützen ihr Chitin beim Eindringen in den Wirt vor dessen Chitin-Rezeptoren, indem sie es zu Chitosan deacetylieren. Wird Chitosan dann von den Pflanzenenzymen zerlegt, entstehen kationische COS Moleküle. Enzyme des Pilzes wiederum bilden aus den abgebauten Pflanzenzellwänden anionische OGA-Moleküle, die über Dimere mit Calcium eine "egg box" Form bilden. COS bildet mit diesen egg box Formationen ein stabiles Gebilde, welches bei der Pflanze den Verteidigungsmechanismus in Gang setzt (van Aubel et al. 2016, S. 61). Eine wichtige Rolle spielt bei diesen Prozessen die Anreicherung von Peroxidasen und phytohormonell wirkender Salicylsäure, deren Rolle bei der Abwehr biotischer Schaderreger bereits bekannt ist und die Wirkung gegen Echten Mehltau erklärt (van Aubel et al. 2014, S. 136). Auch ein epigenetischer Effekt wird vermutet, da unter anderem ein Anstieg von DNA und RNA modellierenden Enzymen beobachtet wurde (van Aubel et al. 2016, S. 68).

Der Entdeckung der COS-OGA Wirkung an der Universität Namur, Belgien, folgte die Ausgründung der Firma Fytofend, die das Produkt FytoSave[®] 2012 auf den Markt brachte. Seit 2019 gibt es für FytoSave[®] in Deutschland Zulassungen für Fruchtgemüse im Gewächshaus, seitdem wurden diverse Zulassungserweiterungen, auch für Freilandanwendungen, erteilt (PS Info). Resistenzen sind bisher nicht bekannt (FRAC 2022, S. 13). Aufgrund des protektiven Wirkmechanismus sollte COS-OGA mindestens zweimal vor Auftreten des Pathogens angewendet werden (van Aubel et al. 2014, S. 136). Sehr wichtig ist es auch, die Blattoberfläche möglichst optimal zu benetzen, der Elicitor muss sein Ziel, die Membranrezeptoren, erreichen, um die in Labor- und Gewächshausversuchen beschriebenen Erfolge auch im Freiland erzielen zu können (van Aubel et al. 2014, S. 130).

2.3.4.3 *Bacillus amyloliquefaciens*

Aktuell sind 60 Mikroorganismen von der EU für den Einsatz in Pflanzenschutzmitteln zugelassenen (Europäische Kommission 2022a, S. 2). Darunter sind *Bacillus*-Arten am häufigsten vertreten mit 19, gefolgt von *Trichoderma* mit 14 Arten (EU Pesticides DB).

Bakterien der Gattung *Bacillus* sind gram-positiv und viele Arten sind in der Lage, durch Endosporenbildung außerordentlich extreme Bedingungen zu überdauern (Aeron et al. 2016, S. 93). Eigenschaften, die es erleichtern, sie für den Einsatz in Pflanzenschutzmittel zu formulieren, zum Beispiel als Pulver (Rabbee et al. 2019, S.1).

Der Stamm FZB24 ist ein natürlich im Boden vorkommendes Bakterium (EFSA 2016, S. 6). Es wurde in der DDR, im Forschungszentrum für Biotechnologie (FZB), zuerst beschrieben, dort begann man ab 1984 mit der Isolation von Bakterienstämmen aus Bodenproben und organischem Material aus mit Pathogenen verseuchten Böden. Die Stämme FZB24 und FZB42 erwiesen sich als vielversprechend und wurden von den Nachfolgeunternehmen FZB Biotechnik GmbH (ab 1993) und Abitep GmbH (seit 2005) weiterentwickelt (Kamilova und Bruyne 2013, S. 678). Stamm FZB24 wurde zunächst *Bacillus subtilis* zugeordnet und als Pflanzenstärkungsmittel auf den Markt gebracht aufgrund seiner nachgewiesenen Wirkungsweisen: Wachstumsförderung, Stressminderung und Steigerung der Widerstandsfähigkeit (Junge et al. 2000, S. 98). Das Potenzial als Pflanzenschutzmittel wurde jedoch bereits Ende der 90er Jahre erkannt (Krebs et al. 1998, S. 196). *Bacillus subtilis* und *Bacillus amyloliquefaciens* sind nah verwandte Arten. Da Bakterien des Stamms FZB24 Lipase und Säure aus Lactose produzieren können, wurde der Stamm zuletzt *Bacillus amyloliquefaciens* zugeordnet (Koumoutsis 2006, S. 70).

Bei den meisten *Bacillus*-Arten führt man die Wirkung auf Pflanzenpathogene auf mehrere Mechanismen zurück. So können sie mehrere antibiotisch und antifungal wirkende Metabolite produzieren und ähneln dann in ihrer Wirkung chemischen Pestiziden (Pertot et al. 2016, S. 6–7). Unter diesen Metaboliten befinden sich Lipopeptide wie Iturin (Bacillomycin D), Surfactin und Fengycin (EFSA 2016, S. 6). Bacillomycin D und Fengycin wird ein großer Beitrag zur Hemmung der Aktivität phytopathogener Pilze zugeschrieben (Jiao et al. 2021, S. 10). Iturine and Surfactine haben in vitro eine starke oberflächenaktive Wirkung und können Membrane durch lytische Aktivität schädigen (EFSA 2016, S. 7). Dazu produzieren *Bacillus*-Arten zahlreiche Enzyme (Amylasen, Proteasen, Cellulasen, Pektinasen, Glucanasen), die Zellwände zerstören können (Aeron et al. 2016, S. 102). Die Schädigung eines Pathogens durch ein Bakterium wird auch Hyperparasitismus oder Mycoparasitismus genannt. Die Mycoparasiten können in den Wirt (das Pathogen) eindringen und absorbieren dessen Nährstoffe. Allerdings schwächen sie ihren Wirt oft nur und führen damit zu einer langsameren Reduktion des Befalls (Kiss, 2003; Xu et al. 2010) nach (Pertot et al. 2016, S. 7). Außerdem benötigt der hyperparasitische Effekt mehr Zeit als der antibiotische Effekt

über die Metaboliten, da die Kolonien der Hyperparasiten erst ausreichend groß werden müssen, um das Pathogen eindämmen zu können (Pertot, et al. 2017).

Neben dieser Konkurrenz mit dem Pathogen um Raum und Nährstoffe können sie bei der Wirtspflanze auch als Elicitor wirken und zu einer induzierten systemischen Resistenz führen (Yu et al. 2011; Cao et al. 2012; Li et al. 2013) nach (Meena 2018, S. 226).

Ein weiterer Effekt von *Bacillus amyloliquefaciens* Stamm FZB24 ist die Fähigkeit, Wurzeln zu besiedeln und einen Biofilm um Wurzel und Wurzelspitze zu bilden (Kilian et al. 2000, S. 74). Diese Eigenschaft wurde zunächst erfolgreich genutzt, um Saatgut zu behandeln. Die behandelten Pflanzen zeigten später 6% mehr Ertrag (Kilian et al. 2000, S. 83). Dass Blattapplikationen zu einer Wurzelbesiedelung führen können, ist dagegen eher unwahrscheinlich, da keine Verlagerung der Bakterien stattfindet (Kilian et al. 2000, S. 85).

Mitglieder des Stamms FZB24 haben ein weites Temperaturspektrum, sie wachsen bei Temperaturen zwischen 15°C und 50°C, ihr Optimum liegt bei 34°C. Das pH-Spektrum, in dem sie wachsen können ist ebenfalls weit und bewegt sich zwischen 5 und 9. Empfindlich reagiert es dagegen auf UV-Strahlung und die meisten Antibiotika. Resistenzentwicklungen sind noch nicht bekannt (EFSA 2016, S. 7).

Bei der Anwendung in Tankmischungen mit chemischen Pestiziden sollte berücksichtigt werden, dass einige chemische Additive negative Effekte auf mikrobielle Fungizide haben können. Das gilt auch für kupferhaltige Präparate (Puopolo et al., 2014, Puopolo, et al. 2016). Ein direkter Verbrauch der angesetzten Spritzbrühe ist ebenso wichtig, wie die Lagerung unter den angegebenen Bedingungen und die Beachtung des Haltbarkeitsdatums (Pertot et al. 2016, S. 9–10). Eine Anwendung sollte am besten in den frühen Morgen- oder späten Abendstunden erfolgen, wenn die Temperatur am niedrigsten, die Luftfeuchtigkeit am höchsten und der Blattturgor am größten ist (Bejarano und Puopolo 2020, S. 287).

3. Material und Methoden

3.1 Versuchsfläche

Der Versuch wurde auf der Fläche eines auf den Anbau von Freilandmöhren spezialisierten Betriebes durchgeführt. Bewirtschaftet werden von diesem Betrieb ca. 130 ha Ackerland. Möhren werden im Fruchtwechsel mit Getreide und Zuckerrüben nach einer fünfjährigen Anbaupause angebaut. Auf Möhrensclägeln dieses Betriebs konnte seit 2016, mit Ausnahme des Sommers 2021, regelmäßig Befall mit Echtem Mehltau festgestellt werden. Der Anbauer verzichtete auf der zur Verfügung gestellten Fläche von ca. 1000 m² auf den Einsatz von Fungiziden, mit der Ausnahme des Fungizids Contans WG[®] zur Aussaat, führte aber alle anderen Pflegemaßnahmen (Herbizid, Insektizid, Düngung, Beregnung) durch. Ergebnisse einer Bodenprobe liegen nicht vor.

Der Betrieb liegt am Südrand der Region Niederrhein, im flachwellig ebenen Nordzipfel der Jülicher Lössbörde. Die Flächen liegen etwa 60 m über Normalnull, die vorherrschenden Bodenarten sind toniger Schluff bis schluffiger Lehm (Parabraunerde) mit sehr hoher nutzbarer Feldkapazität bei sehr hoher effektiver Durchwurzelungstiefe (Paas und Schalich 2005, S. 500). Die Bodenwertzahlen der Flächen des Betriebes liegen zwischen 75 und 90. Die durchschnittliche Jahrestemperatur liegt in der Region bei 10,2 °C mit einem durchschnittlichen Niederschlag von 790 mm im Jahr (Leucker 2019, S. 1).

Das Niederrheingebiet liegt in der gemäßigt feuchten, humiden nordwesteuropäischen Klimazone. Durch vorwiegend westliche Winde herrschen meist maritime Klimateinflüsse vor. Die Winter sind mild und schneearm und die lange Vegetationsperiode (ca. 250 Tage mit mehr als 5 °C im Tagesmittel) ist günstig für intensiven Acker-, Obst- und Gemüsebau. Durch die häufigen Winde kann es im Frühjahr auf den freien Ebenen zu hohen Verdunstungsraten kommen (Paas und Schalich 2005, S. 25).

3.2 Kulturführung

Die Aussaat erfolgte durch den Betrieb mittels Dammfräse, 4-reihig, auf ca. 35 cm hohen Dämmen. Der Abstand von Dammscheitelmitte zu Dammscheitelmitte betrug 75 cm.

Am 03.06.2022 wurde die Sorte 'Nerac F1' in einer Stärke von 2 Mio. Korn / ha ausgesät. Die erste Vorfrucht auf dem Schlag war Winterweizen, die zweite Vorfrucht Zuckerrübe.

Gedüngt wurde die Fläche am 08.03.2022 mit 800 kg Kornkali 40er / ha und am 17.05.2022 mit 300 kg Kalkstickstoff / ha, eine Düngung mit 2 l / ha Wuxal Boron wurde am 06.07.2022 durchgeführt. Vorbeugend gegen *Sclerotinia* wurde zur Aussaat 4 l / ha Contans WG[®] eingesetzt.

Die Ernte durch den Betrieb war geplant für den 17.10.2022, erfolgte aber erst am 27.10.2022.

3.3 Versuchsaufbau

Der Pflanzenschutzdienst Gemüsebau der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (LWK NRW) ist eine nach GEP (Good Experimental Practices) und GLP (Good Laboratory Practices) zertifizierte Prüfstelle für Pflanzenschutzmittel und führt zu Demonstrationszwecken oder für Auftraggeber wie zum Beispiel Pflanzenschutzmittelhersteller Versuche durch, in denen neue, oder bereits zugelassene Pflanzenschutzmittel, in Spritzfolgen oder in neuen Kultur(grupp)en getestet werden sollen. Ein solcher Auftragsversuch wurde um die für diese Arbeit benötigten Varianten erweitert, 3 Varianten des Auftragsversuches wurden für diese Arbeit genutzt. Auf der Versuchsfläche wurde ein Versuch mit insgesamt 12 Varianten angelegt, von denen 7 Varianten in dieser Arbeit berücksichtigt wurden.

Der Versuch wurde mit 4 Wiederholungen (A, B, C, D) angelegt. Die Versuchsanlage erfolgte 1-faktoriell im Block (Faktor 1: Fungizid). Die Parzellen wurden randomisiert verteilt.

Eine Parzelle umfasste jeweils 3 Dämme, war 7 m lang, 2,25 m breit und damit 15,75 m² groß.

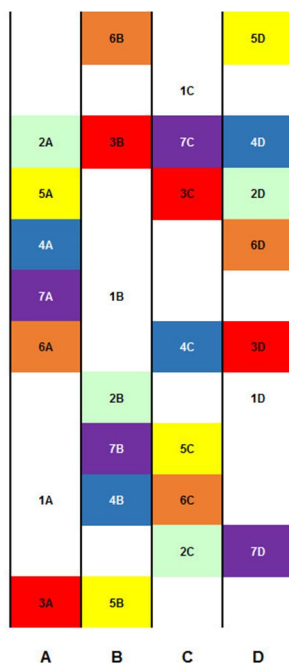


Abb. 1 Randomisierungsplan, Drohnenaufnahme der Versuchsfläche 16.09.2022, Quelle: Autor.

3.4 Versuchsbehandlung

Die Ausbringung der Prüfmittel erfolgte nach guter fachlicher Praxis mit einem Parzellenspritzgerät der Marke Czernia (LWK NRW), das von Hand geschoben wird. Ein Antrieb unterstützender Elektromotor kann zugeschaltet werden. Das Spritzgestänge ist 2,5 m lang und 5 Düsen (Airmix 11003) sind darauf im Abstand von 50 cm angeordnet. Die Spritzhöhe über dem Bestand betrug 50 cm. Das Parzellenspritzgerät wird mit Pressluft betrieben, der Spritzdruck wurde auf 2 bar eingestellt. Außerdem verfügt das Gerät über einen Durchflussmes-

ser, so dass während der Ausbringung die ausgebrachte Menge kontrolliert werden konnte. Der unterstützende Elektromotor erleichterte es, das Tempo möglichst gleichmäßig zu halten.

Die Spritzbrühe wurde bei den flüssigen Präparaten direkt an der Versuchsfläche mit Hilfe einer Eppendorf Pipette angesetzt, feste Mittel wurden im Wiegeraum der LWK NRW vor der Behandlung in Einwegbehälter eingewogen.

Zu jedem Behandlungstermin wurden vor Ort die Wetterdaten, das BBCH Stadium, die Wuchshöhe und der Deckungsgrad der Kultur erfasst. Dabei wurde der Deckungsgrad geschätzt (in %) und die Wuchshöhe mit einem Zollstock an einer durchschnittlich entwickelten Stelle gemessen. Es wurden 3 Werte für das BBCH Stadium erfasst: das kleinste vorhandene Stadium, das größte vorhandene Stadium und das Stadium, in dem sich die meisten der Kulturpflanzen befinden.

Folgende Wetterdaten wurden erfasst mit einem Windmesser der Marke Lechler (Pocketwind IV): Windgeschwindigkeit in m/s, Windrichtung, Luftfeuchte in % (ca. 1,5 m über der Kultur), Lufttemperatur (ca. 1,5 m über der Kultur). Die Bodentemperatur wurde mit Hilfe eines Bodenthermometers erfasst. Die Bewölkung wurde in Achtein geschätzt (0 = keine Wolke bis 8 = Himmel ist vollständig durch Wolken bedeckt). Außerdem wurden Blatt- und Bodenfeuchte nach der Skala 1 = trocken, 2 = feucht, 3 = nass protokolliert.

Die Windgeschwindigkeit wurde vor Beginn der Behandlung gemessen, die übrigen Wetterdaten wurden jeweils unmittelbar nach Abschluss der Behandlungen erfasst.



Abb. 2 Equipment zur Versuchsbehandlung und Wetterdatenerfassung, Quelle: Autor.

Ein einfacher Regenmeßbecher wurde in der Versuchsfläche aufgestellt, um die Beregnungsmengen erfassen zu können. Die Wetterdaten (Höchst-, Tiefsttemperatur, Niederschlag, relative Luftfeuchte) über den gesamten Versuchszeitraum wurden über die Software

expert.classic der proPlant GmbH einer Wetterstation, die ca. 3 km Luftlinie von der Versuchsfläche entfernt liegt, entnommen.

3.5 Fungizide

Im Versuch wurden die zugelassenen und auf dem Markt erhältlichen Fungizide TAE GRO[®], ASKON[®], FytoSave[®] und Kumar[®] eingesetzt. Im Zeitraum dieses Versuches gab es für ASKON[®] eine Zulassung für die Bekämpfung von Echtem Mehltau in Möhre, für TAE GRO[®], FytoSave[®] und Kumar[®] jeweils eine Zulassungserweiterung nach Artikel 51 für die Bekämpfung von Echten Mehltapuzen in Wurzel- und Knollengemüse.

Die Zulassungserweiterung für TAE GRO[®] enthielt die Einschränkung "nur zur Befallsminde rung" (BVL 2022).

Die Anwendung von Kumar[®] war zum Zeitpunkt dieser Arbeit für Wurzel- und Knollengemüse zugelassen mit 6 Anwendungen. Da die Variante, die mit Kumar[®] behandelt wurde, bei Befallsbeginn zunächst eine gute Befallsminde rung aufwies, wurde diese Variante ab dem siebten Termin mit FytoSave[®] weiter behandelt, um die Chance zu nutzen, festzustellen, wie sich eine Spritzfolge von zwei im ökologischen Anbau zugelassenen Mitteln auf die Befalls entwicklung auswirkt.

Als chemischer Standard wurde ASKON[®] gewählt. Es ist seit 2011 auf dem deutschen Markt und enthält Azoxystrobin (Wirkstoffgruppe: Strobilurine) und Difenconazol (Wirkstoffgruppe: Triazole). Beide Wirkstoffe werden weltweit eingesetzt (Lewis et al. 2016), die Kombination hat sich in vielen Kulturen bewährt (Karaoglanidis und Karadimos 2006, S. 982). ASKON[®] ist aktuell in Möhre gegen *Erysiphe heraclei*, *Alternaria dauci* und *Alternaria radicina* zugelassen. Für die Bekämpfung von Echtem Mehltau in Möhren als Freilandanwendung besteht eine Zulassung, die eine zweimalige Anwendung mit der Aufwandmenge von 1 l/ha im Abstand von mindestens 8 Tagen erlaubt (PS Info).

Um in dem dieser Arbeit zugrunde liegenden Versuch dem Risiko einer nicht ausreichenden Bekämpfungsmöglichkeit mit den biologischen Mitteln Rechnung zu tragen und den möglichen Stellenwert dieser Mittel in der Spritzfolge beurteilen zu können, wurde jeweils eine weitere Variante angelegt, in der das biologische Mittel nach einer Stoppspritzung mit dem chemischen Vergleichsmittel eingesetzt wurde.

Tab. 1 Eingesetzte Fungizide im Versuch

| Produkt | Wirkstoff | Aufwand |
|-----------|---|------------|
| ASKON® | 200 g/l Azoxystrobin, 125 g/l Difenoconazol | 1 l/ha |
| TAEGRO® | 130 g/kg (10 Mrd. cfu/kg) Bacillus amyloliquefaciens Stamm FZB24 | 0,37 kg/ha |
| FytoSave® | 12,5 g/l COS-OGA | 2 l/ha |
| Kumar® | 850 g/kg Kaliumhydrogencarbonat | 3 kg/ha |

3.6 Behandlungstermine

Die Behandlungstermine orientierten sich an den Vorgaben der Zulassungen des BVL (BVL 2022). Die Varianten 3, 5 und 7 wurden bereits vor dem vermuteten Befallsbeginn, bei Infektionsgefahr, behandelt. Die chemische Variante 2 wurde erstmals bei Befallsbeginn behandelt. Die Varianten ASKON® + TAEGRO® und ASKON® + FytoSave® starteten wie die chemische Variante mit einer Stopp-Spritzung. Zwischen den Behandlungsterminen wurde ein Abstand von 7 Tagen angestrebt, Abweichungen um einen Tag ergaben sich zum zweiten und neunten Termin durch die Beregnungsmaßnahmen des Betriebes beziehungsweise die Wetterlage.

Tab. 2 Tabellarische Übersicht der Behandlungstermine

| Versuchsglied | Behandlungstermine | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|--------------------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|--------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|---------|-----------|--|--|--|--|--|--|
| | F1 | 15.7.22 | F2 | 23.7.22 | F3 | 29.7.22 | F4 | 5.8.22 | F5 | 12.8.22 | F6 | 19.8.22 | F7 | 26.8.22 | F8 | 2.9.22 | F9 | 7.9.22 | F10 | 15.9.22 | | | | | | | |
| 1 | Unbehandelt | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | ASKON® | | | | ASKON® | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | TAEGRO® | | TAEGRO® | | TAEGRO® | | TAEGRO® | | TAEGRO® | | TAEGRO® | | TAEGRO® | | TAEGRO® | | TAEGRO® | | TAEGRO® | | TAEGRO® | | | | | | |
| 4 | | | | | | | ASKON® | | | | TAEGRO® | | TAEGRO® | | TAEGRO® | | TAEGRO® | | TAEGRO® | | TAEGRO® | | | | | | |
| 5 | FytoSave® | | FytoSave® | | FytoSave® | | FytoSave® | | FytoSave® | | FytoSave® | | FytoSave® | | FytoSave® | | FytoSave® | | FytoSave® | | FytoSave® | | | | | | |
| 6 | | | | | | | ASKON® | | | | FytoSave® | | FytoSave® | | FytoSave® | | FytoSave® | | FytoSave® | | FytoSave® | | | | | | |
| 7 | Kumar® | | Kumar® | | Kumar® | | Kumar® | | Kumar® | | Kumar® | | FytoSave® | | FytoSave® | | FytoSave® | | FytoSave® | | FytoSave® | | | | | | |

Der Wasseraufwand sollte der Laubentwicklung angepasst werden. Die Spritzbrühe wurde zu den ersten beiden Terminen mit 400 l, ab dem dritten Termin mit 600 l, ab dem achten Termin mit 1000 l Wasser pro Hektar angesetzt.

3.7 Versuchsauswertung

3.7.1 Befallsbonituren

Bonitiert wurde der Befall mit Echtem Mehltau vor jeder Behandlung ab Befallsbeginn. Die letzte Befallsbonitur erfolgte 13 Tage nach der letzten Behandlung. Das Auftreten der ersten Symptome konnte bei der Kontrolle der Fläche am 04.08.2022 festgestellt werden.



Abb. 3 Befallsbeginn beobachtet am 04.08.2022, Quelle: Autor.

Der Befall wurde in jeder Parzelle an 10 Stellen des mittleren Damms geschätzt und in Prozent befallener Blattfläche angegeben. Dazu wurden an der bonitierten Stelle jeweils die Blattunter-, Blattoberseiten und Stängel betrachtet. Aus diesen Werten wurde ein prozentualer Mittelwert der Befallsstärke in Prozent pro Parzelle ermittelt.

3.7.2 Erntebonitur

Die Entnahme der Ernteprobe erfolgte nach einer Kulturdauer von 126 Tagen am 07.10.2022, 10 Tage vor dem vom Betrieb angekündigten Erntebeginn. In jeder Parzelle wurden auf einer abgesteckten Strecke von einem Meter Länge alle Möhren des mittleren Damms inklusive Laub geerntet, was einer Fläche von 0,75 m² entspricht. Auf dem Feld wurde das Laub von den Möhren abgedreht und das Frischmassegewicht des Laubs mittels einer digitalen Hängewaage eingewogen.



Abb. 4 Ernte der Stichproben am 07.10.2022, Quelle: Autor

Die Möhren wurden in die LWK NRW gebracht, im Kühlhaus gelagert und am darauf folgenden Tag, dem 08.10.2022, bonitiert. Zur Bonitur wurden die Möhren nicht gewaschen. Ermittelt wurden jeweils das Gesamtgewicht der Ernteprobe und die Anzahl der Möhren. Die Möhren der gesamten Ernteprobe wurden mit Hilfe einer Kartoffelschablone zur Bestimmung ihres Durchmessers in 4 Klassen eingeteilt (kleiner als 2 cm, zwischen 2 und 3,5 cm, zwischen 3,5 und 4,5 cm, größer als 4,5 cm) und gezählt. Anschließend wurden die Möhren auf folgende Merkmale bonitiert und bei Auftreten als nicht marktfähig beurteilt:

- ⇒ Einschnürungen, Grün-/Violettköpfigkeit, aufgeplatzt, Risse, Fraßschäden (Mäuse), Möhrenfliege, Möhrenminierfliege, Drahtwürmer, Beinigkeit, Wurzelhaarigkeit, Pilzbefall, sehr krumm, Durchmesser < 2 cm oder > 4,5 cm

Das Gesamtgewicht der als nicht marktfähig beurteilten Möhren wurde festgehalten.

Aus jeder Gesamternteprobe wurde eine Stichprobe von 25 Möhren gezogen. Von jeder dieser 25 Möhren wurde der Durchmesser der dicksten Stelle mit einem Rohrdurchschnittsmesser, die Länge (mit Zollstock) gemessen und das Gewicht festgestellt.



Abb. 5 Bonitur am 08.10.2022 links: Klasseneinteilung mittels Kartoffel-Schablone; rechts: Beispiele nicht marktfähiger Möhren, Quelle: Autor.

3.8 Versuchsauswertung

Die statistischen Versuchsauswertungen, grafischen und tabellarischen Darstellungen wurden mit Hilfe von SPSS Statistics 28.0.0.0 (IBM Deutschland GmbH, 71139 Ehningen, Deutschland), MS Excel 2013 (Microsoft, Berlin, Deutschland) und PIAF 5.94 (proPlant GmbH, Münster, Deutschland) durchgeführt.

Die Rohdaten wurden auf Normalverteilung (Shapiro-Wilk) und Varianzhomogenität (Levene) geprüft. Eine einfaktorielles Varianzanalyse (ANOVA bzw. bei Varianzheterogenität Welch-ANOVA) wurde durchgeführt. Signifikante Unterschiede der Mittelwerte wurden über den Tukey-HSD-Test, den Student-Newman-Keuls-Test bzw. den Games-Howell-Test ermittelt ($p \leq 0,05$, $\alpha = 0,05$). Als nicht-parametrischer Test für nicht normalverteilte Daten wurde gegebenenfalls die Varianzanalyse mittels Kruskal-Wallis-Test durchgeführt.

Aus den Ergebnissen der Befallsbonitur wurde der AUDPC (area under disease progress curve) ermittelt. Der AUDPC Wert beschreibt die Fläche unter der Befallskurve und kann über mehrere Boniturtermine berechnet werden. Dazu wurde die folgende Formel AUDPC-Werte verwendet (Truberg et al. 2009, S. 78):

$$AUDPC = \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{x_{i+1} + x_i}{2} \right) (t_{i+1} - t_i)$$

i = Index Boniturtermin
 x_i = Befallswert in % zum Boniturtermin i
 t_i = Boniturtermin i in Tagen

Die errechneten AUDPC Werte wurden einer Varianzanalyse und dem Tukey-HSD-Test unterzogen ($p \leq 0,05$, $\alpha = 0,05$).

Um die Befallsunterschiede zu den unterschiedlichen Boniturterminen auswerten zu können, wurden für jeden Termin mit dem Student-Newman-Keuls-Test die Signifikanzen zwischen

den Varianten ermittelt und der Wirkungsgrad in Prozent nach Abbott angegeben, jeweils bezogen auf den Mittelwert über die Wiederholungen der Kontrolle (Büchse 2011, S. 9).

Um lineare Zusammenhänge zwischen den Ernte- und Befallsparametern zu untersuchen, wurden Regressionsanalysen durchgeführt. Angegeben wurde dabei jeweils der Korrelationskoeffizient R , das Bestimmtheitsmaß R^2 , das Signifikanzniveau p und die Regressionsgeraden in der Form:

$y = a + b * x$ mit

- y = vorhergesagter Wert auf dem Kriterium
- a = y-Achsenabschnitt
- b = Steigung der Regressionsgeraden bzw. Regressionskoeffizient

4. Ergebnisse

4.1 Einfluss der Behandlung auf die Befallsentwicklung

Die Infektionskurve mit Echtem Mehltau stieg zunächst rasch an, wobei bereits nach dem erstmaligen Einsatz von ASKON® der Anstieg abflachte. Auch Kumar® konnte zunächst den Anstieg bremsen. Bis zur letzten Befallsbonitur stieg die Befallsstärke in der unbehandelten Kontrolle bis auf 34 % und in der Variante FytoSave® auf 37 %.

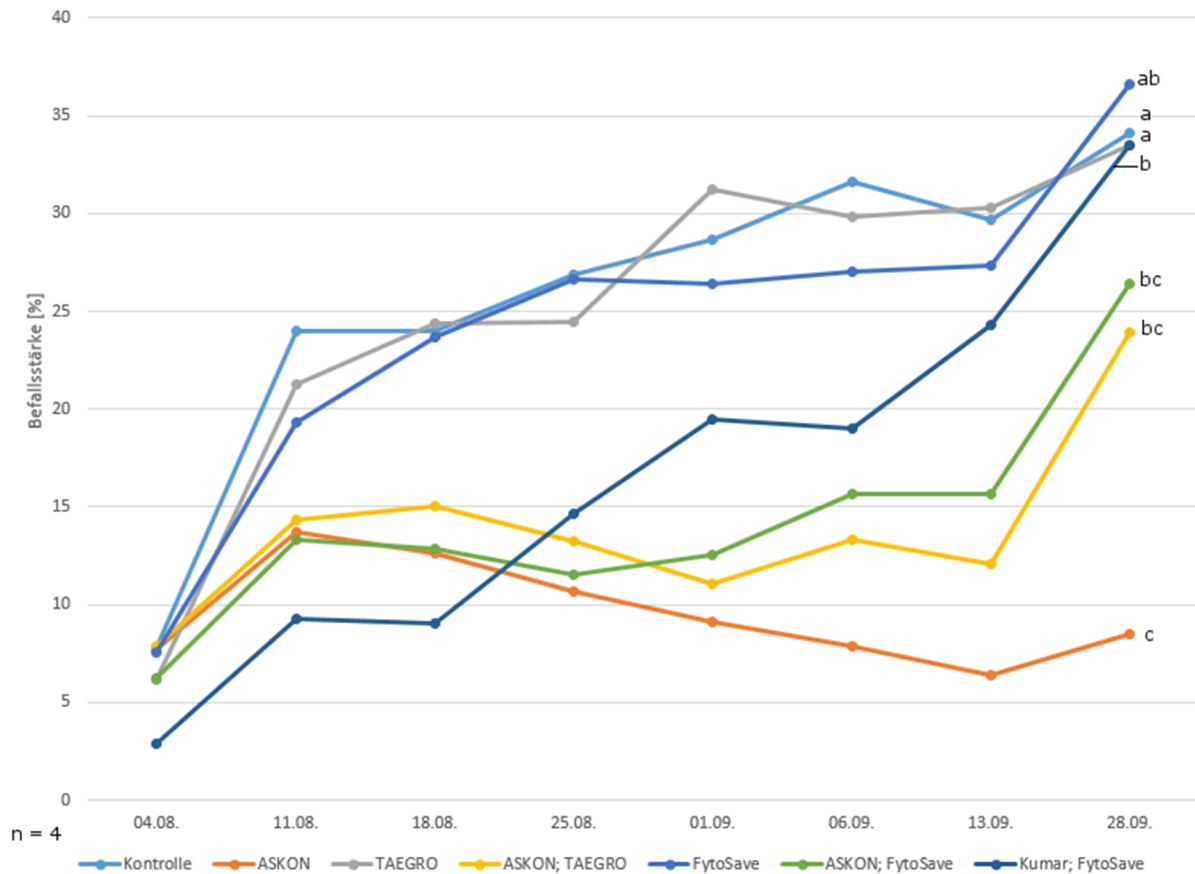


Abb. 6 Befallsverlauf ab beobachtetem Befallsbeginn (04.08.) bis 13 Tage nach der letzten Behandlung (28.09.). Die Buchstaben zum letzten Boniturtermin kennzeichnen die Signifikanzen der AUDPC nach Tukey-HSD-Test ($p \leq 0,05$).

Tab. 3 Standardabweichung (SD) des Befallsverlaufs, mit Signifikanzen nach Student-Newman-Keul (SNK).

| Boniturdatum | | 04.08. | | 11.08. | | 18.08. | | 25.08. | | 01.09. | | 06.09. | | 13.09. | | 28.09. | |
|--------------|--------------------|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|
| Bezeichnung | | SD | SNK | SD | SNK | SD | SNK | SD | SNK | SD | SNK | SD | SNK | SD | SNK | SD | SNK |
| 1 | Kontrolle | 2,34 | a | 5,48 | a | 6,24 | a | 2,53 | a | 3,92 | a | 4,06 | a | 3,81 | a | 3,32 | ab |
| 2 | ASKON | 3,03 | a | 2,26 | bc | 2,88 | bc | 1,72 | b | 2,16 | d | 2,13 | c | 1,65 | c | 1,82 | c |
| 3 | TAEGR0 | 1,98 | a | 6,07 | a | 3,19 | a | 4,75 | a | 10,28 | a | 4,03 | a | 2,89 | a | 2,72 | ab |
| 4 | ASKON; TAEGR0 | 3,04 | a | 4,68 | bc | 3,82 | b | 1,75 | b | 3,13 | d | 3,41 | b | 3,03 | b | 2,69 | b |
| 5 | FytoSave | 3,45 | a | 3,69 | ab | 4,54 | a | 2,07 | a | 7,78 | ab | 3,66 | a | 1,75 | a | 2,69 | a |
| 6 | ASKON; FytoSave | 3,46 | a | 2,68 | bc | 1,83 | bc | 2,83 | b | 3,15 | cd | 0,66 | b | 3,70 | b | 11,03 | ab |
| 7 | Kumar; FytoSave | 1,84 | b | 4,40 | c | 4,36 | c | 5,04 | b | 8,14 | bc | 5,95 | b | 4,63 | a | 5,96 | ab |

Aus dem post-hoc Test (Tukey-HSD mit $p \leq 0,05$) der AUDPC kann geschlossen werden, dass die zweimalige Behandlung mit ASKON[®] zu einer deutlichen, signifikanten Befallsmin- derung führte ($p \leq 0,001$). Die einmalige Behandlung mit ASKON[®] und anschließender Be- handlung mit TAEGR0[®] bzw. FytoSave[®] (Variante 4 und 6) führte zu einer Befallsmin- derung die schwächer ausfiel, aber immer noch signifikant war ($p \leq 0,001$ bzw. $p \leq 0,002$), wobei kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Varianten festzustellen ist. Die Behand- lungen mit ausschließlich TAEGR0[®] bzw. FytoSave[®] (Variante 3 und 5) führten nicht zu ei- ner signifikanten Befallsmin- derung ($p \geq 0,05$). Auch wenn die Befallsstärke der Spritzfolge Kumar[®] + FytoSave[®] zur Abschlussbonitur keinen Unterschied zur Kontrollvariante aufwies, ist die Befallsmin- derung nach Auswertung des AUDPC signifikant stärker als in der Kontrolle ($p \leq 0,026$), aber signifikant schwächer als die Befallsmin- derung der Variante mit einmaliger ASKON[®] - Behandlung ($p \leq 0,046$).

Bei Betrachtung der Wirkungsgrade nach Abbott (**Abb. 7**) ist zu den ersten beiden Bonitur- terminen für die Varianten TAEGR0[®] und FytoSave[®] (3 und 5) eine schwache Wirkung zu erkennen. Der Wirkungsgrad in Variante TAEGR0[®] erreicht am 04.08.2022 21 %, am 11.08.2022 noch 11 % und fällt im weiteren Verlauf auf Werte nahe Null.

In Variante 5 liegt der Wirkungsgrad am 04.08.2022 bei ca. 3 % und steigt auf 19 % zum zweiten Termin. Hier kommt es zwischen dem 01.09.2022 und 13.09.2022 nochmals zu ei- nem leichten Anstieg des Wirkungsgrades, am 06.09.2022 erreicht er 14 %.

Der Wirkungsgrad der Variante 7 liegt unter dem Einsatz von Kumar[®] zunächst bei über 60 % und sinkt zum 25.08.2022 auf 45 %. Unter Fortsetzung der Behandlung mit FytoSave[®] in der Variante Kumar[®] + FytoSave[®] ab dem 25.08.2022 fällt auf, dass sich der Wirkungs- grad annähernd parallel zum Wirkungsgrad der Variante FytoSave[®] entwickelt und zum 06.09.2022 nochmal auf 40 % ansteigt. Die Überlegenheit der Variante ASKON[®] lässt sich auch an den Wirkungsgraden erkennen, wobei die der Spritzfolgen mit ASKON[®] (Variante 4 und 6) bis zum 13.09.2022 zwischen 47 und 61 % liegen und zum 28.09. auf unter 30 % ab- sinken.

4. Ergebnisse

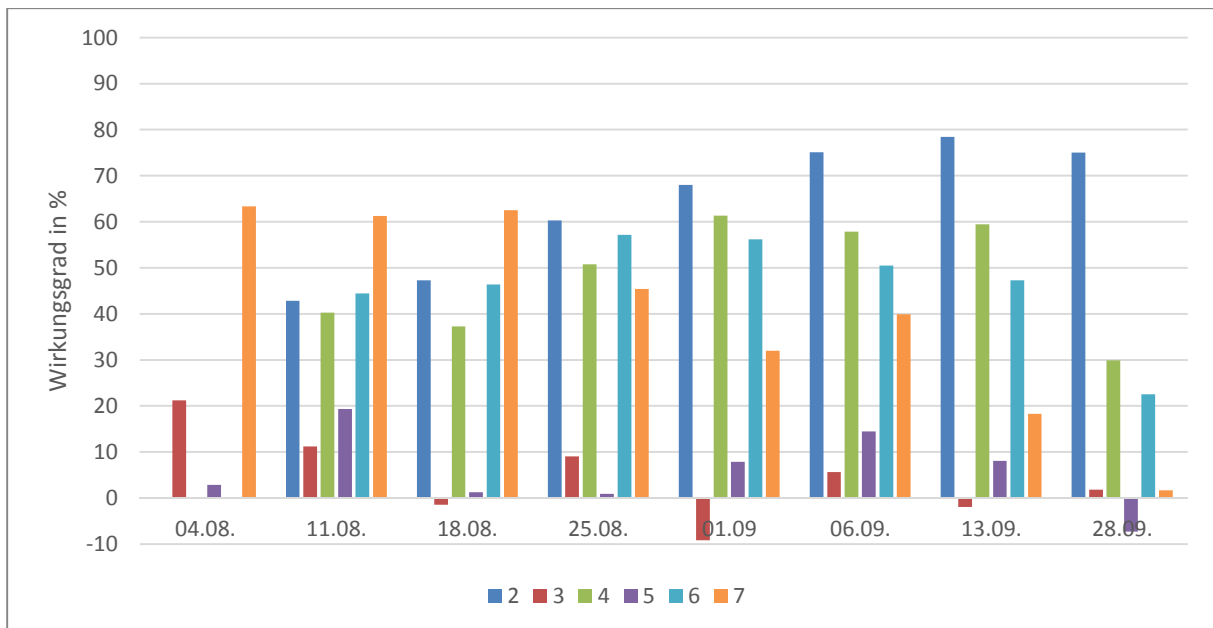


Abb. 7 Wirkungsgrad nach Abbott, Varianten: 2 = ASKON[®], 3 = TAEGRO[®], 4 = ASKON[®] + TAEGRO[®], 5 = FytoSave[®], 6 = ASKON[®] + FytoSave[®], 7 = Kumar[®] + FytoSave[®].

4.2 Wetterdaten

Die Sommermonate waren geprägt durch eine lange Trockenperiode mit überdurchschnittlichen Tageshöchsttemperaturen, dabei blieben die Nächte vergleichsweise kühl. Der Schlag wurde im Versuchszeitraum zweimal berechnet, am 20.07.2022 mit ca. 35 mm, am 17.08.2022 mit ca. 20 mm Wasser pro m². Kurz vor der vorletzten Behandlung (06.09.2022) änderte sich die Wetterlage, es setzten Niederschläge ein und die Höchsttemperaturen gingen deutlich zurück.

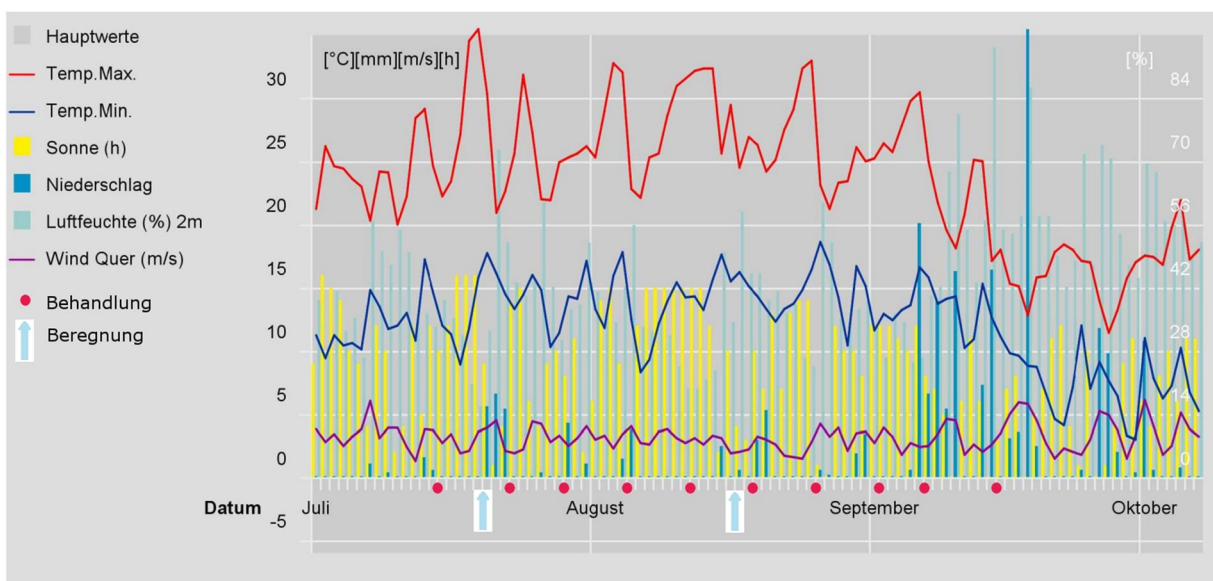


Abb. 8 Wetter im Versuchszeitraum (01.07.2022 - 07.10.2022). Grafik aus piaf.expert, modifiziert.

Die Behandlungen erfolgten in den Morgen- bis Vormittagsstunden. Die relative Luftfeuchtigkeit zum Behandlungszeitpunkt lag zu fast allen Behandlungsterminen bei über 70 %.

Tab. 4 Wetterdaten auf der Versuchsfläche unmittelbar nach der Behandlung

| Behandlungstermin | Uhrzeit Erfassung | Lufttemperatur (°C) | rel. Luftfeuchtigkeit | Bewölkung | Windgeschwindigkeit | Bodentemperatur (°C) |
|-------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|-----------|---------------------|----------------------|
| 15.07. | 09:15 | 22,4 | 46 | 3/8 | 0,4 | 19,7 |
| 23.07. | 09:45 | 18,5 | 70 | 2/8 | 1 | 19 |
| 29.07. | 09:30 | 15,7 | 83 | komplett | 0,9 | 16,8 |
| 05.08. | 12:00 | 19,3 | 78 | 6/8 | 1,5 | 20,2 |
| 12.08. | 09:00 | 18,9 | 68 | 1/8 | 0,1 | 20,3 |
| 19.08. | 11:00 | 22,1 | 68 | 3/8 | 2,2 | 18,5 |
| 26.08. | 09:00 | 20,4 | 78 | komplett | 1,2 | 21,5 |
| 02.09. | 10:00 | 20 | 54 | 2/8 | 2,8 | 17,7 |
| 07.09. | 10:15 | 18,3 | 84 | 5/8 | 1,1 | 19,5 |
| 15.09. | 10:30 | 16,4 | 77 | komplett | 2 | 17,2 |

4.3 Kulturentwicklung

Zum Zeitpunkt der ersten Behandlung befand sich die Kultur im 5-Blatt-Stadium, BBCH 15. Der Beginn des Dickenwachstums (BBCH 41) konnte am 23.07. festgestellt werden. Bei der letzten Befallsbonitur am 28.09.2022 hatten die meisten Möhren das BBCH 48 erreicht.

Der Deckungsgrad der (behandelten) Kultur beziehungsweise die durch das Möhrenlaub bedeckte Fläche nahm bis zum 01.09.2022 zu auf geschätzte 85 % und sank bis zur letzten Befallsbonitur am 28.09.2022 auf 70 %.

Tab. 5 Kulturdaten zu den Behandlungsterminen, Entwicklungsstadium (BBCH), DG = Deckungsgrad

| Termin | F1 | F2 | F3 | F4 | F5 | F6 | F7 | F8 | F9 | F10 | B8 |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Datum | 15.07.22 | 23.07.22 | 29.07.22 | 05.08.22 | 12.08.22 | 19.08.22 | 26.08.22 | 02.09.22 | 07.09.22 | 15.09.22 | 28.09.22 |
| BBCH min. | 15 | 19 | 41 | 42 | 43 | 45 | 45 | 46 | 47 | 47 | 47 |
| BBCH Haupt | 15 | 19 | 41 | 42 | 45 | 46 | 46 | 47 | 47 | 48 | 48 |
| BBCH max. | 15 | 41 | 42 | 43 | 45 | 47 | 47 | 47 | 47 | 48 | 49 |
| DG% | 45 | 55 | 56 | 65 | 70 | 70 | 80 | 85 | 80 | 70 | 70 |
| Höhe cm | 22 | 30 | 37 | 37 | 40 | 40 | 40 | 36 | 37 | 34 | 34 |

4.4 Einfluss der Behandlung auf die ertragsrelevanten Faktoren

4.4.1 Laub

Die Erträge des Möhrenlaubs sind nach dem post-hoc Test (Tukey-HSD mit $p \leq 0,05$) in den Varianten Kontrolle (MW = 23,4 t/ha) und TAEGRO® (MW = 24,2 t/ha) mit $p \leq 0,013$ bzw. $p \leq 0,039$ signifikant geringer als in den Parzellen mit der Behandlung mit ASKON® (MW = 30,1 t/ha) bzw. ASKON® + FytoSave® (MW = 30,1 t/ha). Die Unterschiede zu bzw. zwischen den übrigen Varianten sind nicht signifikant.

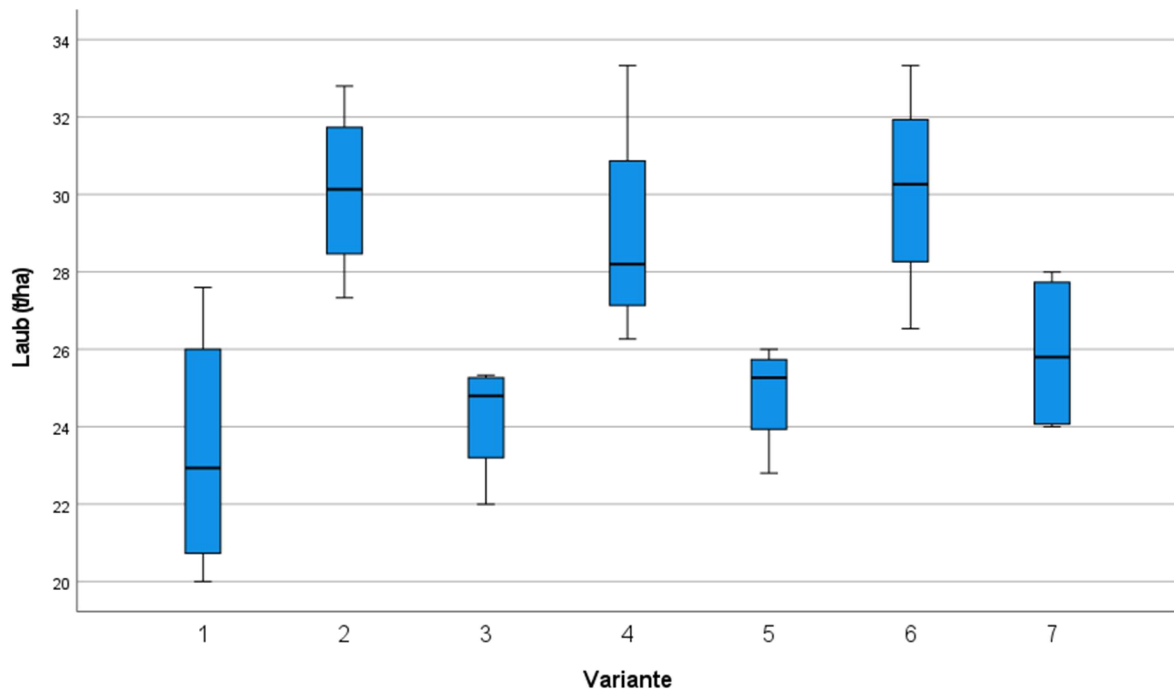


Abb. 9 Erträge des Möhrenlaubs in Tonnen je Hektar. 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = ASKON[®], 3 = TAEGRÖ[®], 4 = ASKON[®] + TAEGRÖ[®], 5 = FytoSave[®], 6 = ASKON[®] + FytoSave[®], 7 = Kumar[®] + FytoSave[®].

Tab. 6 Mittelwerte der Lauberträge, Signifikanzen nach Tukey-HSD-Test ($p \leq 0,05$). Varianten: 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = ASKON[®], 3 = TAEGRÖ[®], 4 = ASKON[®] + TAEGRÖ[®], 5 = FytoSave[®], 6 = ASKON[®] + FytoSave[®], 7 = Kumar[®] + FytoSave[®].

| Variante | Laubertrag in t/ha | Signifikanzen |
|----------|--------------------|---------------|
| 1 | 23,37 | a |
| 2 | 30,10 | b |
| 3 | 24,23 | a |
| 4 | 29,00 | ab |
| 5 | 24,83 | ab |
| 6 | 30,10 | b |
| 7 | 25,90 | ab |

4.4.2 Wurzel

Die Brutto-Erträge der Möhrenwurzeln sind nach dem post-hoc Test (Tukey-HSD mit $p \leq 0,05$) in den Varianten mit ASKON[®] (MW = 98,5 t/ha) und ASKON[®] + TAEGRÖ[®] (MW = 98,5 t/ha) mit $p \leq 0,05$ signifikant höher als in der Variante mit FytoSave[®] (MW = 80,1 t/ha). Der Unterschied zur unbehandelten Kontrolle (MW = 83,4 t/ha) und den übrigen Varianten ist nicht signifikant ($p > 0,05$).

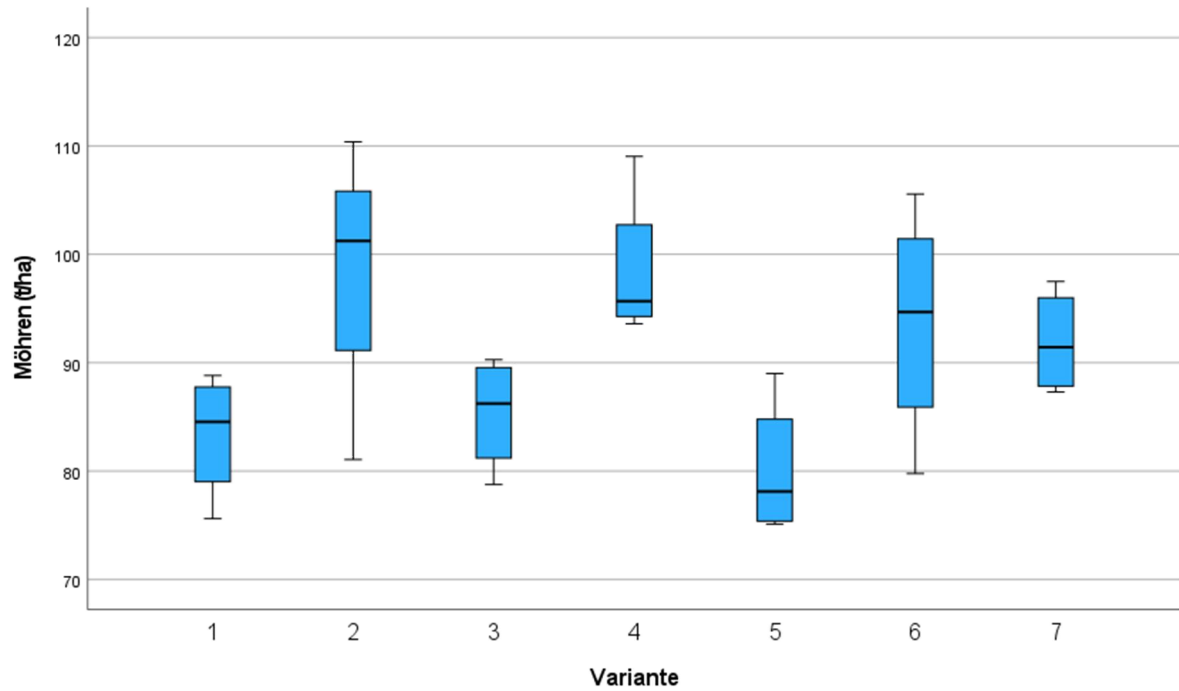


Abb. 10 Brutto-Erträge der Möhren in Tonnen je Hektar. Varianten: 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = ASKON[®], 3 = TAEGRÖ[®], 4 = ASKON[®] + TAEGRÖ[®], 5 = FytoSave[®], 6 = ASKON[®] + FytoSave[®], 7 = Kumar[®] + FytoSave[®].

Die Erträge der marktfähigen Möhren unterscheiden sich in ihren Mittelwerten hingegen nicht signifikant ($p > 0,05$) und liegen zwischen 63 und 81 t/ha.

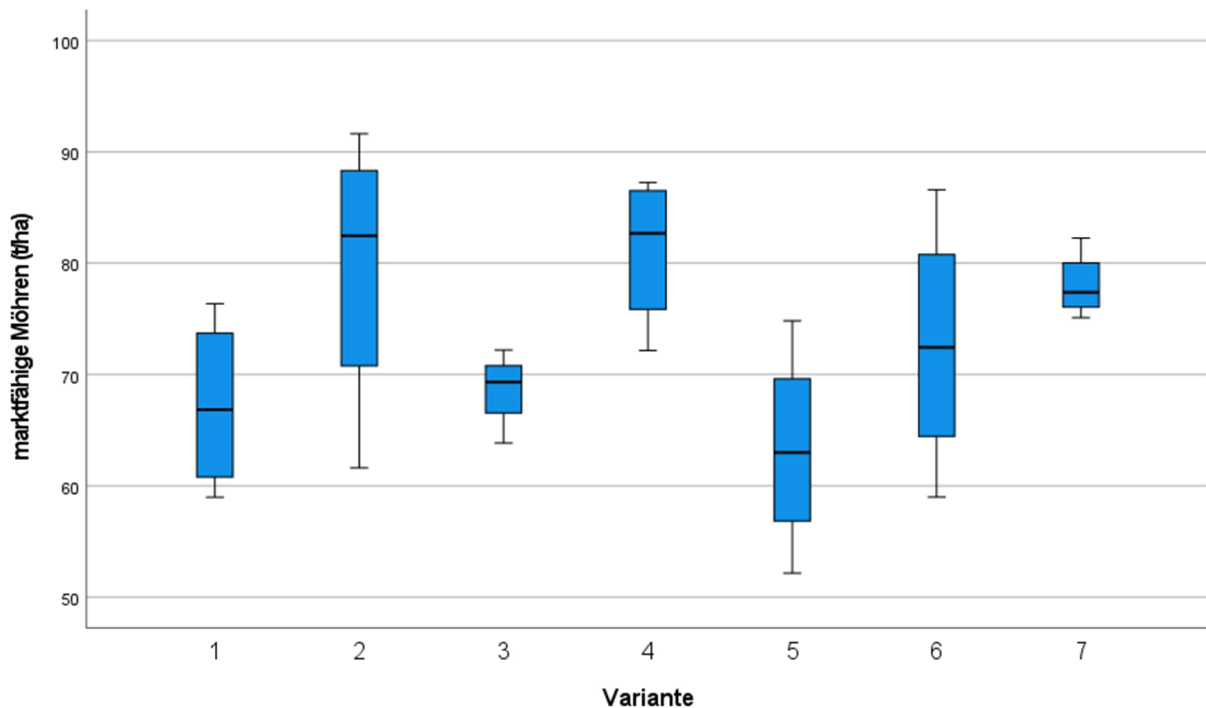


Abb. 11 Erträge an marktfähigen Möhren in Tonnen je Hektar. Varianten: 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = ASKON[®], 3 = TAEGRÖ[®], 4 = ASKON[®] + TAEGRÖ[®], 5 = FytoSave[®], 6 = ASKON[®] + FytoSave[®], 7 = Kumar[®] + FytoSave[®].

Auch zwischen den Anteilen in % an nicht marktfähigen Möhren gibt es keinen signifikanten Unterschied der Mittelwerte ($p > 0,3$).

Tab. 7 Mittelwerte der Bruttoerträge, Erträge an marktfähigen Möhren und Anteile nicht marktfähiger Möhren. Die Buchstaben kennzeichnen die Signifikanzen nach Tukey-HSD-Test ($p \leq 0,05$). Varianten: 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = ASKON[®], 3 = TAE GRO[®], 4 = ASKON[®] + TAE GRO[®], 5 = FytoSave[®], 6 = ASKON[®] + FytoSave[®], 7 = Kumar[®] + FytoSave[®].

| Variante | Bruttoertrag in t/ha | Ertrag marktfähige Möhren in t/ha | Anteil nicht marktfähiger Möhren in % (Mittelwert) |
|----------|----------------------|-----------------------------------|--|
| 1 | 83,37 ab | 67,25 | 19,50 |
| 2 | 98,47 a | 79,55 | 19,50 |
| 3 | 85,37 ab | 68,67 | 19,50 |
| 4 | 98,50 a | 81,19 | 17,50 |
| 5 | 80,07 b | 63,23 | 21,26 |
| 6 | 93,67 ab | 72,61 | 22,75 |
| 7 | 91,93 ab | 78,04 | 15,00 |

4.4.3 Einzelbonituren Wurzel

Die Daten der Einzelbonituren sind nach Shapiro-Wilk-Test nicht immer normal verteilt (Anhang, **Tab. A18**). Unter der Annahme der Robustheit der ANOVA (Wilcox 2022, S. 9), auf Grund der Größe der Stichproben ($n=100$) und nach Auswertung der Q-Q-Plots (Keller 2022, S. 40) werden die Ergebnisse dennoch parametrischen post-hoc Tests unterzogen.

Tab. 8 Mittelwerte der Rohdaten für Gewicht in g, Durchmesser und Länge in cm. Die Buchstaben kennzeichnen die Signifikanzen nach Tukey-HSD-Test ($p \leq 0,05$). Varianten: 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = ASKON[®], 3 = TAE GRO[®], 4 = ASKON[®] + TAE GRO[®], 5 = FytoSave[®], 6 = ASKON[®] + FytoSave[®], 7 = Kumar[®] + FytoSave[®].

| Variante | Gewicht in g | Durchmesser in cm | Länge in cm |
|----------|--------------|-------------------|-------------|
| 1 | 54,65 | 2,31 ab | 13,68 |
| 2 | 77,05 | 2,65 d | 15,09 |
| 3 | 60,64 | 2,42 abc | 13,85 |
| 4 | 70,90 | 2,54 cd | 14,70 |
| 5 | 50,87 | 2,24 a | 13,26 |
| 6 | 62,82 | 2,45 bcd | 14,20 |
| 7 | 58,56 | 2,41 abc | 14,30 |

4.4.3.1 Länge

Die Möhrenwurzeln sind nach dem post-hoc Test (Games-Howell mit $p \leq 0,05$) in der Variante mit ASKON[®] (MW = 15,1 cm) signifikant länger als in der Kontrolle (MW = 13,68 cm) mit $p \leq 0,009$, signifikant länger als in der Variante mit FytoSave[®] (MW = 13,26 cm) mit $p \leq 0,002$ und als in der Variante mit TAE GRO[®] (MW = 13,85 cm) mit $p \leq 0,043$. In Variante 4, ASKON[®] + TAE GRO[®] (MW = 14,7 cm), sind die Möhren signifikant länger als in der Variante mit FytoSave[®] ($p \leq 0,035$).

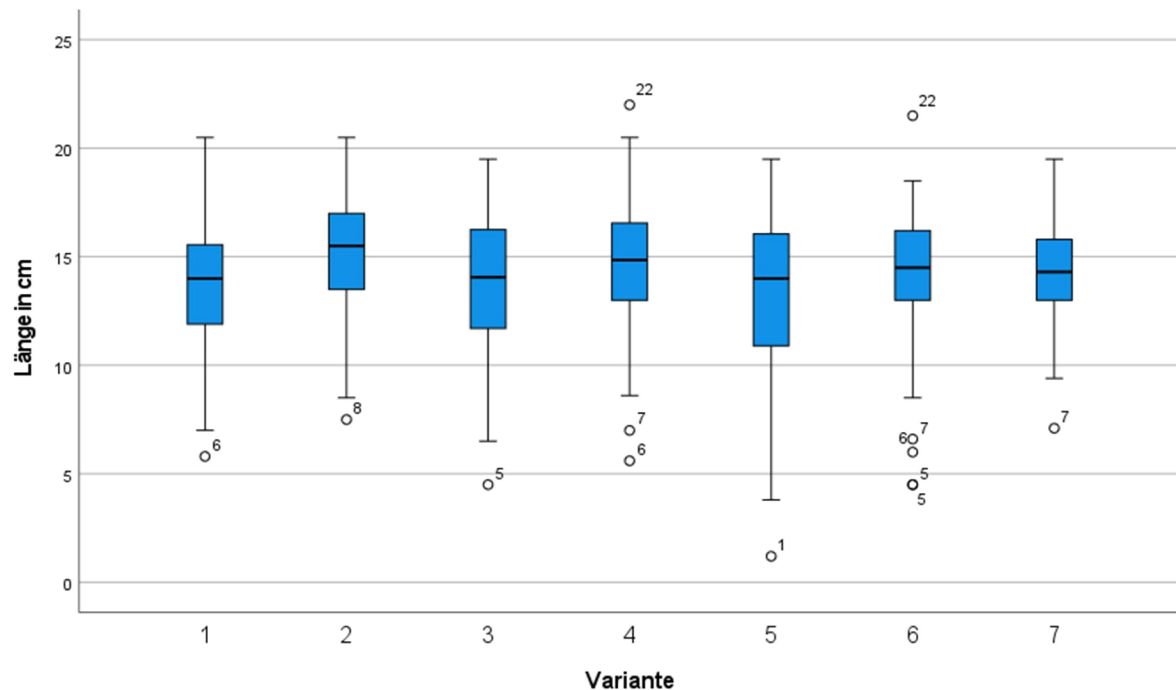


Abb. 12 Verteilung der Längen der Möhren. Varianten: 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = ASKON[®], 3 = TAEGRÖ[®], 4 = ASKON[®] + TAEGRÖ[®], 5 = FytoSave[®], 6 = ASKON[®] + FytoSave[®], 7 = Kumar[®] + FytoSave[®].

4.4.3.2 Durchmesser

Die Varianten mit ein- oder zweimaliger ASKON[®] Behandlung unterscheiden sich signifikant von den übrigen Varianten. Die Möhren der Variante ASKON[®] (MW = 2,65 cm) sind signifikant dicker nach dem post-hoc Test (Tukey-HSD mit $p \leq 0,05$) als in allen 4 Varianten ohne ASKON[®] Behandlung (Kontrolle $p \leq 0,001$; TAEGRÖ[®] $p \leq 0,020$; FytoSave[®] $p \leq 0,001$; Kumar[®] + FytoSave[®] $p \leq 0,012$). Zu den Varianten mit einmaliger ASKON[®] Behandlung gibt es keinen signifikanten Unterschied. Die Möhren der Variante ASKON[®] + FytoSave[®] (MW = 2,45 cm) sind signifikant dicker als die in der Variante FytoSave[®] (MW = 2,24 cm) mit $p \leq 0,045$. Die Möhren der Variante ASKON[®] + TAEGRÖ[®] (MW = 2,42 cm) sind signifikant dicker als die Möhren in der Kontrolle (MW = 2,31 cm; $p \leq 0,025$) und der Variante mit FytoSave[®] ($p \leq 0,001$).

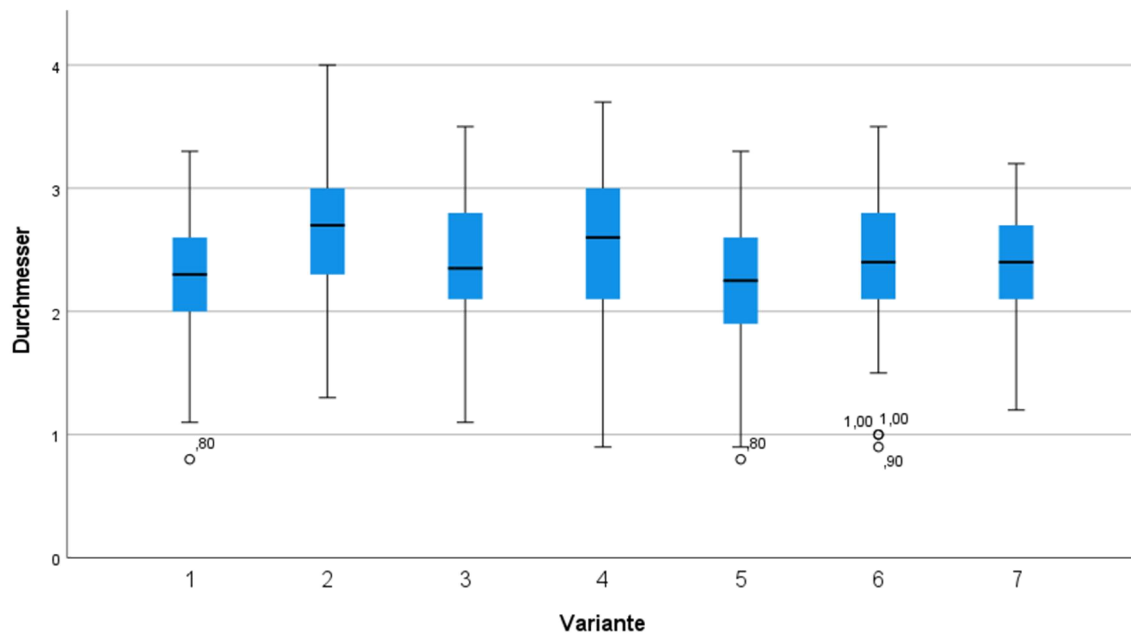


Abb. 13 Verteilung der Durchmesser (in cm) der Möhren. Varianten: 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = ASKON[®], 3 = TAEGRÖ[®], 4 = ASKON[®] + TAEGRÖ[®], 5 = FytoSave[®], 6 = ASKON[®] + FytoSave[®], 7 = Kumar[®] + FytoSave[®].

Die Mittelwerte der nach Durchmesser in Klassen sortierten Gesamterntestichproben weisen allerdings nach Kruskal-Wallis keine signifikanten Unterschiede auf ($p > 0,6$).

Tab. 9 Mittelwerte der Anzahl Möhren der Gesamtstichproben, gruppiert nach Durchmesser in cm. Varianten: 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = ASKON[®], 3 = TAEGRÖ[®], 4 = ASKON[®] + TAEGRÖ[®], 5 = FytoSave[®], 6 = ASKON[®] + FytoSave[®], 7 = Kumar[®] + FytoSave[®].

| Variante | Durchmesser in cm | | | |
|----------|-------------------|-----------|-------------|-------|
| | < 2 | 2 - < 3,5 | 3,5 - ≤ 4,5 | > 4,5 |
| 1 | 21,75 | 71,75 | 1,25 | 0 |
| 2 | 16,75 | 67,5 | 2,75 | 0 |
| 3 | 28 | 67,75 | 3,25 | 0 |
| 4 | 23,5 | 73,25 | 2 | 0 |
| 5 | 25,5 | 68,75 | 1 | 0 |
| 6 | 19,75 | 71,75 | 2,5 | 0 |
| 7 | 17,5 | 75,5 | 2,75 | 0 |

4.4.3.3 Gewicht

Im Bezug auf das Gewicht haben die Varianten mit ASKON[®] (MW = 77,05 g) und mit ASKON[®] + TAEGRÖ[®] (MW = 70,90 g) einen deutlichen Effekt. Nach dem post-hoc Test (Games-Howell mit $p \leq 0,05$) sind die Möhren in der Variante ASKON[®] signifikant schwerer als die in den Varianten Kontrolle (MW = 54,65 g; $p < 0,001$), TAEGRÖ[®] (MW = 60,64 g; $p \leq 0,027$), FytoSave[®] (MW = 50,87 g; $p < 0,001$) und Kumar + FytoSave[®] (MW = 58,56 g; $p \leq 0,003$). Auch die Ergebnisse der Variante ASKON[®] + TAEGRÖ[®] unterscheiden sich signifikant von denen der Kontrolle ($p = 0,010$) und der Variante FytoSave[®] ($p < 0,001$). Keinen signifikanten Effekt hatte hingegen die Variante 6 mit ASKON[®] + FytoSave[®] (MW = 62,82 g; $p \geq 0,05$).

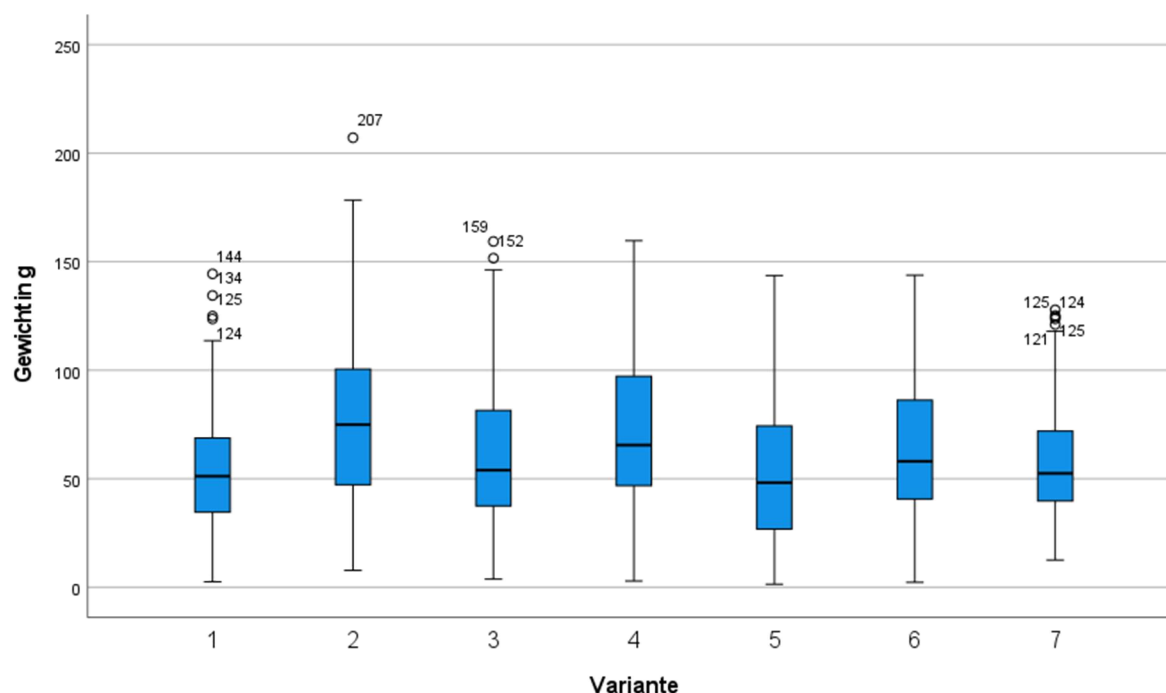


Abb. 14 Verteilung der Gewichte der Möhren. Varianten: 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = ASKON®, 3 = TAEGRO®, 4 = ASKON® + TAEGRO®, 5 = FytoSave®, 6 = ASKON® + FytoSave®, 7 = Kumar® + FytoSave®.

4.5 Untersuchung zur Wirkung von Befallsstärke auf Ertrag

Um eine Aussage über den Zusammenhang zwischen der Befallsentwicklung und dem Ertrag machen zu können, wurden die Mittelwerte der AUDPC der Befallsstärken mit den Bruttoerträgen korreliert durch Regression. Ein linearer Zusammenhang konnte in keiner Variante nachgewiesen werden, weder zwischen der AUDPC und dem Ertrag an Laub noch zwischen der AUDPC und dem Bruttoertrag an Möhren.

Tab. 10 Regressionsanalyse zwischen der AUDPC und dem Bruttoertrag von Möhrenwurzeln (t/ha). R = linearer Korrelationskoeffizient, R² = Bestimmtheitsmaß, p = Signifikanz.

| Variante | Behandlung | R | R ² | p | Regressionsgerade |
|----------|------------------|-------|----------------|-------|-------------------------------|
| 1 | Kontrolle | 0,188 | 0,035 | 0,812 | $y = 100,642 - 0,012 \cdot x$ |
| 2 | ASKON | 0,458 | 0,21 | 0,542 | $y = 131,905 - 0,064 \cdot x$ |
| 3 | TAEGRO | 0,303 | 0,092 | 0,697 | $y = 67,335 + 0,012 \cdot x$ |
| 4 | ASKON + TAEGRO | 0,607 | 0,369 | 0,393 | $y = 132,236 - 0,043 \cdot x$ |
| 5 | FytoSave | 0,171 | 0,029 | 0,829 | $y = 82,980 - 0,002 \cdot x$ |
| 6 | ASKON + FytoSave | 0,828 | 0,686 | 0,172 | $y = 189,178 - 0,116 \cdot x$ |
| 7 | Kumar + FytoSave | 0,933 | 0,871 | 0,67 | $y = 115,597 - 0,024 \cdot x$ |

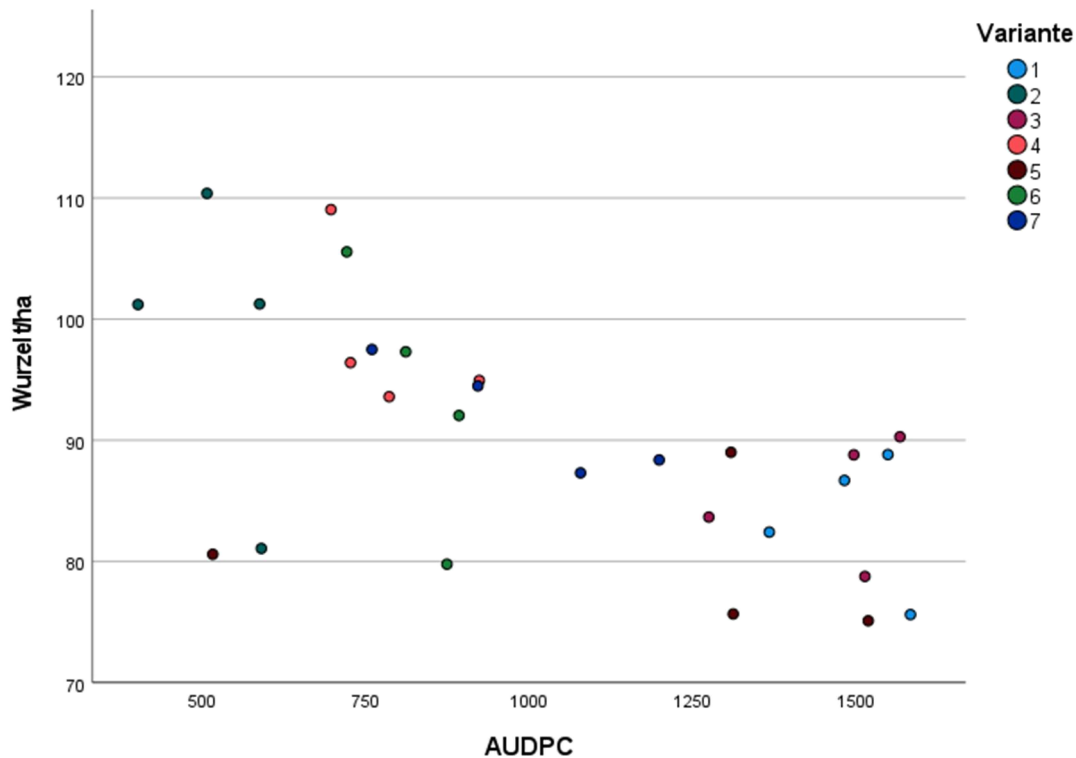


Abb. 15 Streudiagramm zwischen dem Brutto Ertrag Möhrenwurzeln (t/ha) und der errechneten AUDPC. Varianten: 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = ASKON[®], 3 = TAEGR0[®], 4 = ASKON[®] + TAEGR0[®], 5 = FytoSave[®], 6 = ASKON[®] + FytoSave[®], 7 = Kumar[®] + FytoSave[®].

Tab. 11 Regressionsanalyse zwischen der AUDPC und dem Bruttoertrag von Möhrenwurzeln (t/ha). R = linearer Korrelationskoeffizient, R² = Bestimmtheitsmaß, p = Signifikanz.

| Variante | Behandlung | R | R ² | p | Regressionsgerade |
|----------|------------------|-------|----------------|-------|---------------------------|
| 1 | Kontrolle | 0,188 | 0,035 | 0,812 | $y = 100,642 - 0,012 * x$ |
| 2 | ASKON | 0,458 | 0,21 | 0,542 | $y = 131,905 - 0,064 * x$ |
| 3 | TAEGR0 | 0,303 | 0,092 | 0,697 | $y = 67,335 + 0,012 * x$ |
| 4 | ASKON + TAEGR0 | 0,607 | 0,369 | 0,393 | $y = 132,236 - 0,043 * x$ |
| 5 | FytoSave | 0,171 | 0,029 | 0,829 | $y = 82,980 - 0,002 * x$ |
| 6 | ASKON + FytoSave | 0,828 | 0,686 | 0,172 | $y = 189,178 - 0,116 * x$ |
| 7 | Kumar + FytoSave | 0,933 | 0,871 | 0,67 | $y = 115,597 - 0,024 * x$ |

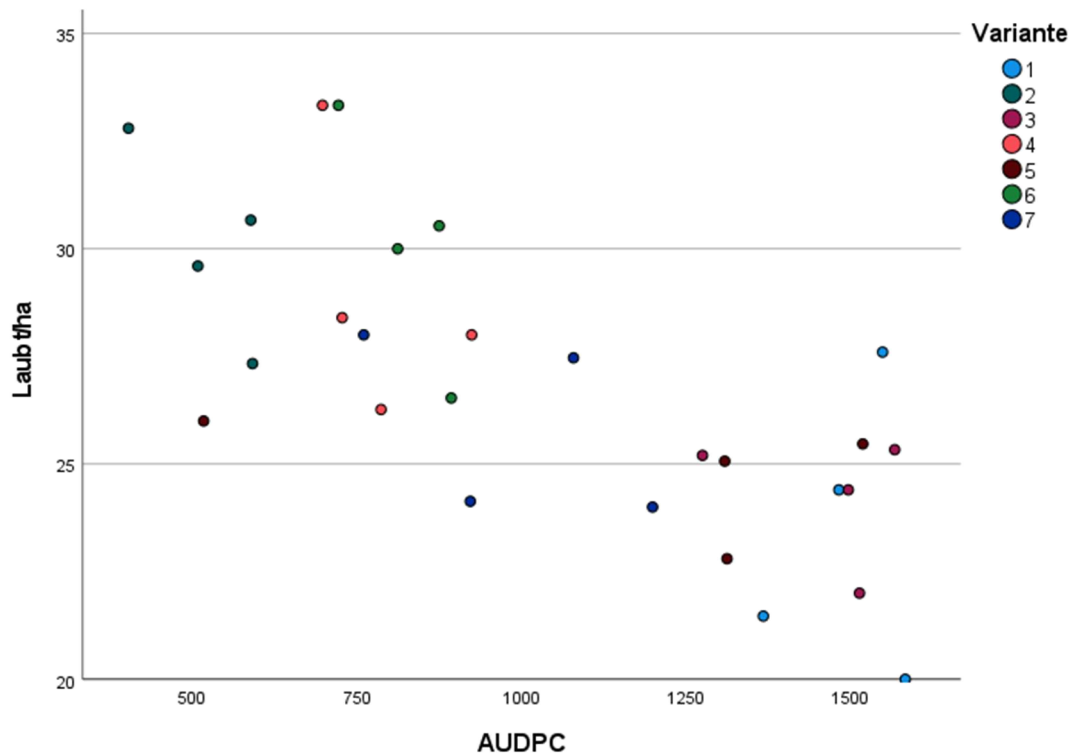


Abb. 16 Streudiagramm zwischen dem Laubertrag (t/ha) und der errechneten AUDPC. Varianten: 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = ASKON[®], 3 = TAEGRO[®], 4 = ASKON[®] + TAEGRO[®], 5 = FytoSave[®], 6 = ASKON[®] + FytoSave[®], 7 = Kumar[®] + FytoSave[®].

Tab. 12 Regressionsanalyse zwischen der AUDPC und dem Ertrag an Laub (t/ha). R = linearer Korrelationskoeffizient, R² = Bestimmtheitsmaß, p = Signifikanz.

| Variante | Behandlung | R | R ² | p | Regressionsgerade |
|----------|------------------|-------|----------------|-------|--------------------------|
| 1 | Kontrolle | 0,167 | 0,028 | 0,833 | $y = 14,546 + 0,006 * x$ |
| 2 | ASKON | 0,774 | 0,6 | 0,226 | $y = 40,474 - 0,20 * x$ |
| 3 | TAEGRO | 0,292 | 0,085 | 0,708 | $y = 29,354 - 0,004 * x$ |
| 4 | ASKON + TAEGRO | 0,533 | 0,284 | 0,467 | $y = 41,606 - 0,016 * x$ |
| 5 | FytoSave | 0,427 | 0,182 | 0,573 | $y = 26,415 - 0,001 * x$ |
| 6 | ASKON + FytoSave | 0,855 | 0,731 | 0,145 | $y = 55,568 - 0,031 * x$ |
| 7 | Kumar + FytoSave | 0,51 | 0,26 | 0,49 | $y = 31,536 - 0,006 * x$ |

5. Diskussion

5.1 Infektionsverlauf und Witterung

Die Bedingungen für die Infektion mit Echtem Mehltau waren im Versuchszeitraum sehr gut. Hohe Tagestemperaturen und tiefe Nachttemperaturen prägten die Monate Juli und August, wobei trotz anhaltender Trockenheit Ende Juli vereinzelt sehr geringe Niederschläge auftraten. Dazwischen gab es Tage mit relativ starker Bewölkung beziehungsweise geringer Sonnenscheindauer und relativ hoher durchschnittlicher Luftfeuchtigkeit. Der Echte Mehltau fand also in diesem Zeitraum Bedingungen vor, die er braucht: trocken-warme und sonnige Witterung mit hoher Luftfeuchte in der Nacht durch starke Nachtabkühlung (ISIP). Bei einer Luftfeuchtigkeit von mindestens 95 % können die Konidien keimen (Watson 2016, S. 30) und die Temperatur für die optimale Ausbreitung der Infektion liegt zwischen 18 und 25 °C, wobei Wind einen großen Beitrag zur Verbreitung der Sporen leistet (Girard et al. 2017, S. 352). Die Versuchsfläche befand sich in windoffener Lage, so wie es einerseits im Möhrenanbau üblich ist, um das Befallsrisiko mit Möhrenfliege zu mindern (Wonneberger und Keller 2004, S. 129) und andererseits den topographischen Gegebenheiten des Niederrheins entspricht.

Der Befall breitete sich schnell aus, so dass ab 4 Wochen nach Befallsbeginn Befallsunterschiede zwischen den Parzellen deutlich zu erkennen waren (**Abb. 17**). Die Befallskurve flachte sich nach der Beregnung vom 17.08.2022 ab, besonders gut zu erkennen an der Kontrolle zum Boniturtermin 18.08.2022. Nach dem Wetterumschwung Anfang September kam es in der Kontrolle zu einem vorübergehenden Befallsrückgang (Boniturtermin 13.09.2022), nachdem in der Woche zwischen dem 06.09. und 13.09.2022 in Summe Niederschläge von ca. 60 mm/m² auftraten (**Anhang, Tab. A26**). Ein Effekt, der darauf zurückzuführen ist, dass Echter Mehltau im Gegensatz zu den meisten anderen phytophagene Pilzen durch Niederschläge an der Ausbreitung gehindert wird (Agrios 2005, S. 254–255) und man davon ausgeht, dass Sporen vorübergehend abgewaschen werden können (Belanger et al. 2002) nach (Watson 2016, S. 30).



Abb. 17 Befallsunterschiede am 07.09.2022, links Parzelle 2D (Variante: ASKON[®]), rechts Parzelle 3C (Variante: TAEGRO[®]), Quelle: Autor

Der steilere Anstieg zur letzten Bonitur ist auch darauf zurückzuführen, dass die letzte Bonitur der Befallsstärke erst 13 Tage nach der letzten Behandlung durchgeführt wurde. Auf das Endergebnis des AUDPC hätte eine Bonitur 7 Tage nach der letzten Behandlung, wie es für

die biologischen Mittel vorgesehen ist, insofern Einfluss gehabt, dass sich die Befallsstärke in Variante 7 signifikanter unterschieden hätte (Anhang, Tab. A2).

5.2 Effekte der biologischen Mittel auf die Befallsentwicklung

Im durchgeführten Versuch konnten FytoSave[®] und TAE GRO[®] als alleinige Mittel im Einsatz gegen Echten Mehltau keine signifikante Wirkung auf den Befall erzielen.

Dabei lag der gewählte Zeitpunkt für den Beginn der Behandlungen mit TAE GRO[®] mit 3 Terminen vor dem notierten Befallsbeginn im Rahmen der Empfehlungen der Gebrauchsanleitung (Syngenta Agro GmbH, S. 4). Für FytoSave[®] gehen die Forscher, aus deren Arbeit mit COS-OGA das Fungizid entstand, davon aus, dass mindestens 2 Behandlungen vor Ankunft der Erreger erfolgt sein sollten (van Aubel et al. 2014, S. 136), da der Verteidigungsmechanismus ein kumulativer Prozess zu sein scheint, so dass mehrere Anwendungen zu einem effizienteren Schutz beitragen (van Aubel et al. 2016, S. 68).

TAE GRO[®]

Positive Ergebnisse für *Bacillus amyloliquefaciens* Stamm FZB24 liegen mittlerweile in einigen Kulturen und gegen einige Schaderreger vor, es mangelt allerdings an erfolgreichen Versuchen im Freiland (Tziros et al. 2021, S. 6). Eine Tendenz in Richtung Wirkung lässt sich im durchgeführten Versuch jedoch nur bei Betrachtung der Wirkungsgrade erkennen, die zu Befallsbeginn für TAE GRO[®] bei ca. 20 % lagen, aber danach auf Werte nahe Null sanken. Möglicherweise ist es zu einer zumindest teilweisen Besiedelung der Blattoberflächen gekommen, wo *Bacillus amyloliquefaciens* nachgewiesenermaßen direkt über Metabolite (antibiotisch wirksame Substanzen, lytische Enzyme) auf das Pathogen wirkt (Jiao et al. 2021, S. 2), in der Regel im Zusammenspiel mit einer Konkurrenz um Raum und Nährstoffe (Pertot et al. 2016, S. 8). Daneben kann es auch zur einer Resistenzinduktion gekommen sein (Hallmann und Tiedemann 2019, S. 180–181). Das Nachlassen dieser schwachen Wirkung im weiteren Verlauf kann auf mehrere Faktoren zurückgeführt werden. Die optimalen Temperaturen (15–25 °C) für die Etablierung von *Bacillus amyloliquefaciens* Stamm FZB24 waren zwar durchaus gegeben (Krebs et al. 1998, S. 187). Allerdings konnte eine vorzugsweise abendliche Behandlung, um eine möglichst lange Blattfeuchte zu nutzen (Romero et al. 2007, S. 982), im Rahmen dieser Arbeit nicht geleistet werden, so dass die Behandlungen in den Morgen- und Vormittagsstunden durchgeführt wurden, was zu den meisten Terminen angesichts der hohen Temperaturen und sonnenreichen Tage eine schnelle Abtrocknung der Blattoberfläche zur Folge hatte und die Überlebensrate der Bakterien vermutlich gesenkt hat. Bedingungen, die für den Einsatz von Additiven gesprochen hätten (Pertot et al. 2016, S. 9). Romero zitiert Untersuchungen, in denen die Ergebnisse unter hoher Luftfeuchtigkeit besser waren, weil die für den mycoparasitischen Effekt notwendige schnelle und effektive Besiedelung durch eine hohe Keimrate gefördert wurde, was sich wiederum positiv auf die Produktion und Sekretion von antimykotisch wirksamen Metaboliten auswirkte (Romero et al.

2007, S. 983). In vielen Feldversuchen wird die mangelnde oder wechselnde Wirksamkeit auf die klimatischen Bedingungen zurückgeführt (Elad and Stewart, 2004; Mark et al., 2006; Ruocco et al., 2011) nach (Bardin et al. 2015, S. 2), wobei Bardin et al. nicht ausschließen, dass es natürliche Populationen von Pathogenen gibt, die weniger sensitiv auf ein biologisches Pflanzenschutzmittel reagieren, als es in Laborversuchen der Fall ist (Bardin et al. 2015, S. 2). Auch für Pertot et al. ist die Wirkung gekoppelt an das Vorhandensein der aktiven Komponenten zum Zeitpunkt des Kontakts mit dem Pathogen. Die Überlebensrate der Bakterien werde nicht nur durch die Witterungsbedingungen, sondern auch durch die Mikroflora auf der Blattoberfläche beeinträchtigt. Zudem können Niederschläge auch die wasserlöslichen Metabolite abwaschen (Pertot et al. 2016, S. 6–7).

Es ist nicht auszuschließen, dass im Laufe dieses Versuchs die Witterungsbedingungen so ungünstig waren, dass eine ausreichende Besiedelung mit *Bacillus amyloliquefaciens* Stamm FZB24, die dem Erregerdruck hätte standhalten können, nicht stattfinden konnte.

FytoSave[®] erreichte nach Betrachtung der Wirkungsgrade eine leichte Wirkung zum zweiten Boniturtermin, eine Woche nach Befallsbeginn, mit einem Anstieg auf 19 %, dann folgte ein Absinken des Wirkungsgrades auf nahe Null, bis es Anfang September wieder zu einem leichten Anstieg kam. Zum 06.09.2022 stieg der Wirkungsgrad von 8 auf 14 %. Aufgrund mangelnder Signifikanzen können jedoch keine statistisch abgesicherten Aussagen getroffen werden, außer der, dass eine Tendenz zur Wirkung zu erkennen ist. Ähnlich wie bei TAEGRO[®] spielen auch bei FytoSave[®] die Einsatzbedingungen eine große Rolle für die Wirkung. Es gibt vereinzelte Beispiele erfolgreichen Einsatzes im Freiland. 2016 wurden erfolgreiche Versuche in Okra im Freiland durchgeführt (Ägypten), in dem Chitosan in Kombination mit Kaliumbicarbonat zu einer Reduktion des Befalls um 64 % beitrug und von den Autoren der Studie als "vermarktungstechnisch akzeptierbare, ökonomisch tragbare und effektive Alternative" beurteilt wurde. Chitosan alleine führte immerhin noch zu einer Reduktion um 50 % (Soliman und El-Mohamedy 2017, S. 417). Abgesehen davon sind positive Ergebnisse aus dem Einsatz im Freiland schwer zu finden und auch die belgischen Forscher um van Aubel geben an, dass die meisten erfolgreichen Ergebnisse unter kontrollierten Bedingungen erzielt wurden. Sie konnten aber zumindest im Weinbau im Freiland gute Ergebnisse mit FytoSave[®] erzielen (van Aubel et al. 2014, S. 130). Die Inzidenz könne FytoSave dabei nicht verringern, die Wirkung beschränke sich auf das Eindämmen des Befalls (van Aubel et al. 2014, S. 136).

Dayan et al. ziehen in ihrem Review das Fazit, dass Elicitoren im allgemeinen nicht so gut wirkten wie chemische Fungizide und sehen die größte Schwierigkeit darin, den richtigen Zeitpunkt für den Einsatz zu finden (Dayan et al. 2009, S. 4030). Eine weitere Annahme über die Wirkungsweise der Resistenzinduktion ist, dass sie nur zu einer teilweisen Resistenz gegenüber dem Pathogen führt, die bei starkem Befall möglicherweise zu schwach ist, um den Infektionsverlauf zu bremsen. Außerdem geht man davon aus, dass es auch natürliche Re-

sistenzmechanismen gibt, so dass der Einsatz von Resistenzinduktoren möglicherweise keinen zusätzlichen Nutzen bringt (Delaunois et al., 2014) nach (Pertot et al. 2016, S. 7). Die Resistenzinduktion kann, auch wenn sie Bekämpfungseffekte erkennen lässt, mitunter sogar einen negativen Einfluss auf die Erträge haben, weil die Pflanze ihre eigene Energie für die Schaderregerabwehr aufwenden muss (Hallmann und Tiedemann 2019, S. 182). Im durchgeführten Versuch ist die mangelnde Wirkung der FytoSave® Variante jedoch wahrscheinlicher den Umständen der Applikation zuzuschreiben. Auch wenn die Behandlungstermine und Behandlungsintervalle angemessen gewählt wurden, kann es durch die Witterung (zu schnelle Abtrocknung nach morgendlicher Applikation) zu einer unzureichenden Bedeckung der Blattflächen gekommen sein. Optimalerweise sind nach van Aubel nicht nur Blattober- sondern auch die Blattunterseiten gleichmäßig zu benetzen (van Aubel et al. 2014, S. 136). Es muss davon ausgegangen werden, dass mit der angewendeten Applikationstechnik im Versuch und den dichten Fiederblättern der Möhre diese optimale Benetzung nicht erreicht werden konnte.

Dass viele biologische Pflanzenschutzmittel in Labor und Gewächshaus gute Ergebnisse liefern, aber im Feldversuch keine Erfolge aufweisen, kann nach Richter et al. nur durch ein besseres Verständnis für die Wirkung der Umweltbedingungen geändert werden, die Faktoren, die für die Wirksamkeit ausschlaggebend sind, scheinen "noch nicht vollständig bekannt" zu sein (Richter et al. 2021, S. 344). Dazu müssten unter anderem sowohl die Verteilung der Pathogene und ihrer Antagonisten im Feld studiert werden, die optimalen Bedingungen evaluiert werden, die für eine Wirkung nötig sind, ebenso wie die Faktoren, die zu einer erfolgreichen Kolonisierung führen (Heydari und Pessaraki 2010, S. 283). Die optimalen Etablierungsbedingungen im Freiland zu gewährleisten wird für die biologischen Pflanzenschutzmittel immer noch als die bedeutende Hürde beurteilt (Bejarano und Puopolo 2020, S. 287). Dabei sehen Richter et al. angesichts spärlicher Versuchsergebnisse nach wie vor die Notwendigkeit, dass sich sowohl Forschung als auch Pflanzenschutzmittelfirmen weiterhin mit dieser Problematik auseinandersetzen, so dass sie den Anwendern in Zukunft detaillierte Informationen dazu geben können, welche Einsatzbedingungen nötig sind, um die erwünschten Wirkungen zu erzielen (Richter et al. 2021, S. 346–347). Eine Auffassung, die auch das BMEL im Rahmen der Ackerbaustrategie 2035 vertritt: "Wirksamkeit und Wirkungssicherheit der nicht-chemischen Pflanzenschutzverfahren müssen durch verstärkte Forschung verbessert werden, um die Voraussetzungen für einen Pflanzenschutz ohne chemische Pflanzenschutzmittel zu schaffen" (BMEL 2019, S. 33).

2017 wurde eine neue EPPO Richtlinie PP 1/296 zur Bewertung der Wirksamkeit von sogenannten low-risk Pflanzenschutzmitteln veröffentlicht. EPPO Richtlinien enthalten Standards zur Prüfung der Wirksamkeit von Pflanzenschutzmitteln und sind bei der Zulassung durch die EU-Richtlinie 91/414/EWG vorgeschrieben. Hier heißt es, dass bei low-risk Mitteln auch eine moderate Wirkung akzeptierbar sein und den Einsatz bei niedrigem Befallsdruck rechtferti-

gen kann, zur Bereicherung des integrierten Pflanzenschutzes oder im ökologischen Landbau (EPPO 2017, S. 299). Allerdings sollte das entscheidende Kriterium sein, dass die Anwendungen zumindest Vorteile gegenüber der Kontrolle aufweisen (Bejarano und Puopolo 2020, S. 289).

Die Tatsache, dass Elicitoren, wenn sie wirken, besser darin sind den Befallsverlauf zu mindern als die Pflanze gesund zu erhalten, ist, so gibt van Aubel zu, im Gemüsebau oft ein Problem, weil eine Kultur oft schon durch den Befall alleine nicht mehr marktfähig ist (van Aubel et al. 2014, S. 135). Aus diesem Grund wird nach wie vor um verbindliche Schadschwellen im Gemüsebau gerungen. Es geht Lebensmitteleinzelhandel und Verbrauchern oft mehr um "äußere optische Qualität" mit so wenig "Makel" wie möglich (Koch und Kreiselmair 2020, S. 175). Damit liegt das Potential von den low-risk Mitteln zumindest im Gemüsebau bei der Integration in Spritzfolgen, in denen gegebenenfalls chemisch-synthetische kurative Mittel den Befall verhindern oder zumindest deutlich vermindern können.

Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse lassen aber keinen Rückschluss auf die Wirksamkeit von FytoSave® oder TAE GRO® zu, so dass auch für die Varianten in denen sie in Kombination mit ASKON® eingesetzt wurden, keine Aussage darüber getroffen werden kann, ob die statistisch als signifikant abgesicherten Unterschiede zu den übrigen Varianten auf die einmalige ASKON® Anwendung oder die Kombination von ASKON® mit FytoSave® oder TAE GRO® in der Spritzfolge zurückzuführen sind. In Versuchen des Herstellers wurde TAE GRO® in eine Spritzfolge mit Ortiva® integriert (Zierpflanzenbau) und konnte bei einer Befallsstärke von 28 % den gleichen Wirkungsgrad (95 %) erzielen wie die wöchentliche Anwendung von Ortiva® (Bohnert 2020). Allerdings werden keine Informationen dazu gegeben, wie eine reduzierte Anwendung von Ortiva® gewirkt hätte. Bei einem hohen Befall von 65 % Befallsstärke allerdings konnte auch hier nur durch die Applikation von TAE GRO® nach dem Einsatz eines "kurativ wirksamen Mittels" wie ASKON® der Befall eingedämmt werden (Bohnert 2020).

Eine Variante mit ausschließlich einer ASKON® Behandlung hätte einen Beitrag zur Bewertung der Varianten ASKON® mit FytoSave® bzw. TAE GRO® leisten können, um gegebenenfalls einen Beitrag von den biologischen Mitteln zur Bekämpfung erkennen zu können.

5.3 ASKON

ASKON® konnte als einzige Behandlungsvariante den Befall mit Echtem Mehltau deutlich stoppen und bekämpfen. Dass die Kombination von Difenoconazol und Azoxystrobin erfolgreich gegen Echten Mehltau ist, ist dabei auf einen additiven Effekt zurückzuführen (Karaoglanidis und Karadimos 2006, S. 982). ASKON® wirkt durch beide Wirkstoffe protektiv und kurativ. Difenoconazol stoppt vorhandene latente Infektionen ab und verhindert deren weitere Ausbreitung. Azoxystrobin führt außerdem zu einer Dauerwirkung. Der Vorteil von ASKON® liegt in der weitgehenden Unabhängigkeit von der Witterung (Brune Ralf-Anton

DEMT 2020). Im dieser Arbeit zugrunde liegenden Versuch konnte mit der zweimaligen ASKON[®]-Behandlung eine nachhaltige Wirkung über einen Zeitraum von 8 Wochen erreicht werden. Damit erwies sich ASKON[®] für die Integration in Spritzfolgen mit schwächer wirkenden biologischen Pflanzenschutzmitteln als sehr gut geeignet.

5.4 Kumar

Kumar konnte den Befall zunächst deutlich eindämmen. In der Bonitur vom 25.08.2022, 7 Tage nach der sechsten und letzten Behandlung mit Kumar[®] (Variante 7), unterschied sich die Befallsstärke nicht signifikant von den mit ASKON[®] behandelten Varianten. Der Effekt von Bicarbonaten von Kalium und Natrium auf Echten Mehltau wird seit mehreren Jahrzehnten beschrieben (Fallik et al. 1997, S. 42). Durch elektronenmikroskopische Beobachtungen konnte nachgewiesen werden, dass die Salze die Entwicklung des Pilzmycels und schwächer auch die Keimung der Sporen beeinträchtigen können (Amsalem et al. 2004, S. 312). Die Wirkung wird mit dem Einfluss des Bicarbonat-Ions auf den pH und die Zerstörung des osmotischen Drucks in Verbindung gebracht (Sehsah et al. 2022, S. 2227). In der Folge kommt es zum Zusammenbruch der Zellwände und dem Schrumpfen von Konidien und Konidiophoren (Homma and Arimoto, 1990) nach (Reuveni et al. 1996, S. 52). Der Verlauf der Befallskurve von Variante 7 ist zwischen dem 04.08. und dem 11.08.2022, sowie dem 18.08. und 25.08.2022 auffällig steil. Dazu ist zu bemerken, dass sowohl am Tag der Behandlung vom 05.08.2022, als auch an den beiden Tagen nach der Behandlung vom 19.08.2022 leichte Niederschläge auf der Versuchsfläche auftraten (05.08.2022 4 mm; 19.-20.08.2022 8 mm, Anhang Tab. A26). Bicarbonat Salze sind sehr wasserlöslich und können bereits durch geringe Niederschläge von den Blättern gewaschen werden (Jamar et al. 2007, S. 226). Kumar[®] ist laut Hersteller mit einem Netz- und Haftmittel formuliert, um die Regenfestigkeit zu erhöhen (Certis Europe B.V., S. 5), aufgrund der unmittelbar auf die Behandlungen folgenden Niederschläge kann ein Abwasch-Effekt aber nicht ausgeschlossen werden. Zudem stellten Jamar et al. fest, dass die Effektivität von Kaliumbicarbonat insbesondere bei Applikation auf die Blattoberfläche sank, wenn der Zeitraum bis zum Kontakt mit dem Schaderreger stieg (Jamar et al. 2007, S. 226).

Über den weiteren Befallsverlauf unter der Behandlung mit FytoSave[®] können, ebenso wie bei der Spritzfolge mit ASKON[®] und FytoSave[®], keine statistisch abgesicherten Aussagen getroffen werden darüber, ob FytoSave[®] einen Einfluss auf die Befallsentwicklung hatte. Betrachtet man die Wirkungsgrade zu den Terminen 01.09. und 06.09.2022 steigt wie bei der reinen FytoSave[®] Variante der Wirkungsgrad an, allerdings auf höherem Niveau, möglicherweise der Vorlage von Kumar[®] geschuldet, was allerdings nur als Tendenz einer Wirkung von FytoSave[®] zu bewerten ist.

Eine zusätzliche Variante, eine Spritzfolge mit Kumar[®] und ASKON[®]-Einmalapplikation hätte die Vermutung bestätigen können, dass Kumar bei schwachem Befall ausreichend protektiv

und kurativ wirkt und eine chemische Behandlung hätte ersetzen können. Dabei macht es nach den Empfehlungen des Zulassungsinhabers für Kumar[®] sowohl Sinn, Kumar[®] vor als auch nach einer ASKON[®]-Applikation einzusetzen, weil es bei nicht zu starkem Befall gute protektive und kurative Wirkung entfaltet und mit einem Tag Wartezeit deutlich unter den 14 Tagen Wartezeit für ASKON[®] liegt (Ganninger-Hauck 2019, S. 20).

5.5 Erträge

Nur in den Bruttoerträgen erwiesen sich die Unterschiede als signifikant. Die Varianten ASKON[®] und ASKON[®] mit TAEGRO[®] brachten etwas höhere Bruttoerträge als die übrigen Varianten. Die ermittelten durchschnittlichen Anteile an nicht marktfähigen Möhren liegen mit ungefähr 20 % leicht unter den vom Thünen-Institut geschätzten 25 - 40 % (Ludwig-Ohm et al. 2017, S. 5). Allerdings erfolgte die Sortierung im Versuch an ungewaschenen Möhren, so dass es wahrscheinlich ist, dass Möhren mit Makeln übersehen wurden. Die Anteile nicht marktfähiger Möhren wiesen jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Behandlungen auf.

Dass sich keine signifikante Korrelation zwischen der Befallsstärke und den Erträgen an Möhrenwurzeln ergab, lässt sich nach Hallmann damit erklären, dass der Zusammenhang zwischen Symptomausprägung und Ertragsverlust nicht monokausal ist, sondern auch Faktoren wie zum Beispiel "der Zeitpunkt des Auftretens einer Gewebeerstörung" eine Rolle spielt (Hallmann und Tiedemann 2019, 187). Zwar gibt es Untersuchungen in Zuckerrübe, die eine deutliche Korrelation zwischen befallener Blattfläche und Rübenertrag zum Ergebnis hatten (Karaoglanidis und Karadimos 2006, S. 980). Allerdings brachten Versuche von Watson et al. in Australien zur Bekämpfung von Echtem Mehltau in Möhre ebenfalls keine signifikanten Ertragsunterschiede hervor, allenfalls eine Tendenz zu höheren Erträgen in Varianten mit erfolgreicher Befallsminderung sei zu erkennen gewesen, obwohl in diesen Versuchen ein deutlicher stärkerer Befall, zwischen 80 und 100 % Befallsstärke, beobachtet wurde (Watson et al. 2017, S. 55). Die mangelnden Effekte wurden hier darauf zurückgeführt, dass der Befall zu spät auftrat, um die Wurzelentwicklung stärker beeinträchtigen zu können (Watson et al. 2017, S. 58). Im vorliegenden Versuch startete der Befall zwar in der Zeit des größten Massenzuwachses der Möhre (Wonneberger und Keller 2004, S. 123), allerdings legen die Versuchsergebnisse den Schluss nahe, dass der Befall mit unter 30 % vermutlich unter der Schwelle blieb, die zu einem signifikanten Effekt hätte führen können. Watson zitiert außerdem, dass Bekämpfungsversuche von Echtem Mehltau an Pastinake in UK sich ebenfalls nicht in signifikanten Ertragsunterschieden, aber Tendenzen zu höheren Einzelgewichten und Wurzelgrößen äußerten (Dixon 1978) nach (Watson 2016, S. 29). Dieser Effekt liess sich im durchgeführten Versuch in den Einzelbonituren bestätigen, insbesondere die zweimalige Behandlung mit ASKON[®], die den Befall deutlich besser zurückdrängte als alle anderen Varianten, führte zu signifikant dickeren, längeren und schwereren Möhren.

5.6 Ökonomische Bewertung

Bei der Betrachtung der Anzahl der Überfahrten, die für den Betrieb angefallen wären bei der Umsetzung der im Versuch getesteten Spritzfolgen, muss berücksichtigt werden, dass in der Praxis häufig Präparate eingesetzt werden, die gegen mehrere Erreger wirken und es in Freilandmöhren ertragsrelevantere Schaderreger als Echten Mehltau gibt. Zudem bedeutet ein Wasseraufwand von mehr als 600 l/ha bei durchschnittlichen Behältervolumen von Feldspritzen von 3000 - 6000 Liter (AGRARTECHNIK 2014, S. 38) auf größer strukturierten Betrieben, dass Schläge nicht ohne Unterbrechung behandelt werden können.

Im Versuchszeitraum konnten außer Echtem Mehltau jedoch keine weiteren Pilzkrankungen beobachtet werden. Der Betrieb brachte mit den Indikationen Pilzbefall, Alternaria, Echter Mehltau zu 6 Terminen Fungizide aus, so dass die Varianten mit zehnmaliger Überfahrt Mehrkosten verursacht hätten, ohne den Ertrag positiv zu beeinflussen.

Da keine Befallsbonitur oder Erntestichproben auf der Praxisfläche durchgeführt wurden, kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Fungizidstrategie des Betriebes zu signifikant höheren Erträgen geführt hat. Die in der durchgeführten Erntebonitur ermittelten Erträge liegen jedoch in der Nähe von den Durchschnittswerten der Sortenversuche für Nerac F1 mit 82 t/ha (Hedrich und Rascher 2019, S. 4) und dem Durchschnitt der Erntemenge an Möhren in NRW in 2021 mit ca. 70 t/ha (Destatis 2022b), so dass aufgrund mangelnder Signifikanzen der Ertragsunterschiede neben den Kosten für die Mittel die Anzahl der Überfahrten für Unterschiede im Deckungsbeitrag verantwortlich gewesen wäre.

Tab. 13 Übersicht über die Kosten für die eingesetzten Fungizide. Preise ohne Mwst. nach avagarar.de, bzw. *unkrautvernichter-shop.de.

| Fungizide | Preis in € / l bzw. kg | Betrieb | | Variante 2 | | Variante 3 | | Variante 4 | | Variante 5 | | Variante 6 | | Variante 7 | |
|------------------------|---------------------------|---------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|
| | | Aufwand | Kosten | Aufwand | Kosten | Aufwand | Kosten | Aufwand | Kosten | Aufwand | Kosten | Aufwand | Kosten | Aufwand | Kosten |
| ASKON | 54,40 | 2,00 | 108,80 | 2,00 | 108,80 | | | 1,00 | 54,40 | | | 1,00 | 54,40 | | |
| Ortiva | 37,00 | 1,00 | 37,00 | | | | | | | | | | | | |
| SCORE* | 82,81 | 0,40 | 33,12 | | | | | | | | | | | | |
| Netzschwefel Stulln | 6,00 | 6,00 | 36,00 | | | | | | | | | | | | |
| FytoSave | 17,00 | | | | | | | | | 20,00 | 340,00 | 10,00 | 170,00 | 8,00 | 136,00 |
| TAEGRO | 130,00 | | | | | 3,70 | 481,00 | 1,85 | 240,50 | | | | | | |
| Kumar | 15,02 | | | | | | | | | | | | | 18,00 | 270,36 |
| Summe in € / ha | | | 214,92 | | 108,80 | | 481,00 | | 294,90 | | 340,00 | | 224,40 | | 406,36 |

Die Anzahl der Überfahrten hätte nach den Ergebnissen dieser Arbeit deutlich reduziert werden können.

Einen wirtschaftlichen Vorteil des Einsatzes von FytoSave® oder TAEGRO® hätte es nach den Ergebnissen dieser Arbeit nicht gegeben.

5.7 Boniturmethoden

Die gewählte Boniturmethode des Befalls, die Schätzung des prozentualen Anteils der befallenen Blattfläche, hat bei stärkerem und fortgeschrittenem Befall den Nachteil, dass die Varianten, in denen bereits Laub abgestorben ist, als zu wirksam beurteilt werden, weil das nekrotische Laub nur unzureichend als befallen in die Schätzung einfließen kann. Der De-

ckungsgrad der Kultur, so legt es die Collage in Abb. 18 aus zufällig ausgewählten Aufnahmen gegen Versuchsende nahe, hätte, um diesen Faktor ausreichend mit berücksichtigen zu können, in jeder Parzelle über den Versuchszeitraum mitbonitiert werden müssen.

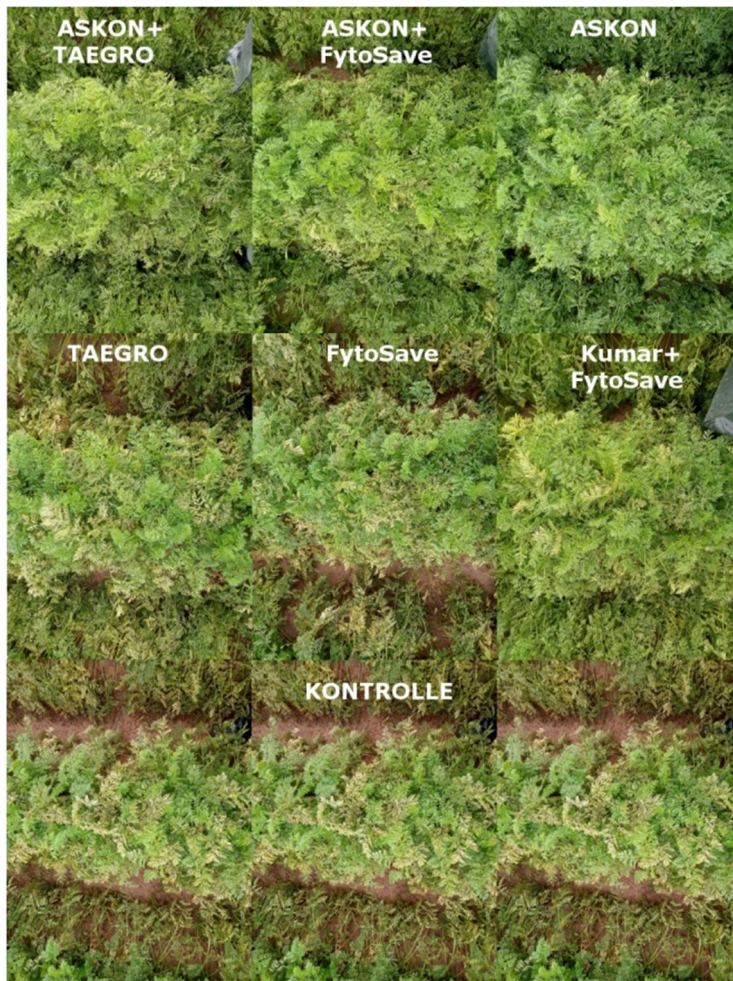


Abb. 18 Befallsunterschiede am 28.09.2022, Quelle: Autor.

Bei der Erntebonitur musste aus logistischen Gründen auf die geplante zweite Erntestichprobe je Parzelle verzichtet werden.

Außerdem wurden in der Klassenbonitur nach Durchmesser nur die Anzahl Möhren je Klasse und nicht die Gewichte der einzelnen Klassen aufgenommen.

Es ist nicht auszuschliessen, dass die Aussagekraft der statistisch ermittelten Ergebnisse der Ertragsbonitur dadurch abgeschwächt wurde.

6. Fazit

Die biologischen Fungizide TAE GRO[®] und FytoSave[®] sind, alleine eingesetzt, in diesem Versuch zur Bekämpfung von Echtem Mehltau keine Alternative zum Einsatz des chemisch-synthetischen Fungizids ASKON[®] gewesen.

Auch der Einsatz der beiden biologischen Pflanzenschutzmittel jeweils nach einer chemischen Stopp-Spritzung mit ASKON[®] konnte hinsichtlich der Bekämpfung keine Ergebnisse liefern, die einen Einsatz von TAE GRO[®] oder FytoSave[®] als nutzbringend gerechtfertigt hätten.

Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass durch Witterung, Applikationstechnik (Überkopfspritzung) und den mangelnden Einsatz eines Netzmittels eine für die Wirkung von TAE GRO[®] und FytoSave[®] notwendige Blattbenetzung nicht erreicht werden konnte.

Da sich an den Wirkungsgraden leichte Tendenzen auf eine mögliche Wirkung von TAE GRO[®] und FytoSave[®] zeigten, müsste in zukünftigen Versuchen mit ähnlicher Zielsetzung ein Schwerpunkt darauf gelegt werden, die Benetzung zu verbessern. Es sollte bei sommerlicher Witterung auf jeden Fall in den Abendstunden behandelt, mit der größtmöglichen Wasseraufwandsmenge und insbesondere bei TAE GRO[®] auch mit Netzmitteln gearbeitet werden.

Im Rahmen dieser Arbeit war es nicht möglich, die Besiedlung des Laubs mit *Bacillus amyloliquefaciens* zu prüfen. Da hier vermutlich die große Herausforderung in der Freilandanwendung von TAE GRO[®] liegt, wäre es von Nutzen, in weiteren Versuchen mit labordiagnostischen Methoden die Besiedelung zu kontrollieren.

Dass ASKON[®] in allen Varianten zu einer signifikanten Befallsminderung führte, macht es auf jeden Fall zu einem sinnvollen Glied in einer Spritzfolge mit schwächer wirksamen Mitteln. Die zweimalige Anwendung von ASKON[®] war jedoch im Hinblick auf die kurative und nachhaltig anhaltende Wirkung allen anderen Varianten deutlich überlegen.

Das Potential von Kumar[®] liess sich in diesem Versuch erkennen, es konnte den Anfangsbefall signifikant mindern. Es ist somit sinnvoll, Kumar[®] aufgrund seiner ökotoxikologischen Vorteile und der Nicht-Rückstandrelevanz in einer Spritzfolge mit einem wirksamen chemisch-synthetischen Mittel wie zum Beispiel ASKON[®] einzusetzen.

Die Ertragseffekte spiegelten die eindeutigen Unterschiede in den Befallsstärken zwischen den Varianten nicht wieder. Es wäre also möglich gewesen, die Anzahl der Behandlungen zu reduzieren, ohne Ertragseinbußen zu riskieren. Damit gehören Wasch- oder Lagermöhren, bei denen die Makellosigkeit des Laubes für den Endverbraucher irrelevant ist, einerseits zu den wenigen Gemüsearten, bei der die Berücksichtigung einer Schadschwelle ohne großes wirtschaftliches Risiko möglich wäre. Andererseits deuten die Ergebnisse dieses Versuches darauf hin, dass die Aufnahme von biologischen Mitteln in eine Spritzfolge mit chemisch-

synthetischen Mitteln zu Erprobungszwecken von Seiten des Praxis-Betriebes nicht unbedingt mit Ertragseinbußen einhergehen müssen. Die Freiland-Lagermöhre ist also gut geeignet, die Einsatzbedingungen für Mittel wie TAE GRO[®] und FytoSave[®] in zukünftigen Versuchen weiter zu verbessern, um das Potential dieser Mittel besser beurteilen zu können.

Literaturverzeichnis

Aeron, Abhinav; Islam, M. Tofazzal; Jha, Chaitanya Kumar; Pandey, Piyush; Rahman, Mahfuz (Hg.) (2016): *Bacilli and Agrobiotechnology*. 1st ed. 2016. Cham: Springer International Publishing; Imprint: Springer (Bacilli in Climate Resilient Agriculture and Bioprospecting).

AGRARTECHNIK (2014): Größer, breiter und präziser. Trendbericht Pflanzenschutzspritzen. In: *AGRARTECHNIK* (2), S. 38–46. Online verfügbar unter https://www.lechler.com/fileadmin/media/fachberichte/agrar/lechler_fachbericht_agrar_agrar_technik-februar-2014_groesser-breiter-und-praeziser_trendbericht-pflanzenschutzspritzen.pdf, zuletzt geprüft am 17.12.2022.

Agrios, George N. (2005): *Plant pathology*. 5th ed. Amsterdam, Boston: Elsevier Academic Press.

Amsalem, Liat; Zasso, Rosaly; Pertot, Ilaria; Freeman, Stanley; Sztjenberg, Abraham; Elad, Yigal (2004): Efficacy of control agents on powdery mildew: a comparison between two populations. *Management of plant diseases and arthropod pests by BCAs*. In: *IOBC/wprs Bulletin* 8 (27), S. 309–313. Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/profile/Yigal-Elad/publication/286775980_Efficacy_of_control_agents_on_powdery_mildew_a_comparison_between_two_populations/links/566d907608aea0892c526a78/Efficacy-of-control-agents-on-powdery-mildew-a-comparison-between-two-populations.pdf.

Bardin, Marc; Ajouz, Sakhr; Comby, Morgane; Lopez-Ferber, Miguel; Graillot, Benoît; Siegwart, Myriam; Nicot, Philippe C. (2015): Is the efficacy of biological control against plant diseases likely to be more durable than that of chemical pesticides? In: *Frontiers in plant science* 6 (566), S. 1–14. Online verfügbar unter <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2015.00566>, zuletzt geprüft am 22.11.2022.

Bejarano, Ana; Puopolo, Gerardo (2020): Bioformulation of Microbial Biocontrol Agents for a Sustainable Agriculture. In: Antonieta de Cal, Paloma Melgarejo und Naresh Magan (Hg.): *How Research Can Stimulate the Development of Commercial Biological Control Against Plant Diseases*, Bd. 21. Cham: Springer International Publishing (Progress in Biological Control), S. 275–293.

Bernhold, Maria-Theresia (2003): Einfluss von Klima und anbautechnischen Maßnahmen auf Gehalt und Verteilung von Nitrat in Möhren. Universität Hannover, Hannover. Fachbereich Gartenbau. Online verfügbar unter <https://www.repo.uni-hannover.de/bitstream/handle/123456789/6196/367019108.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, zuletzt geprüft am 22.11.2022.

Bersching, Katharina; Jacob, Stefan (2021): The Molecular Mechanism of Fludioxonil Action Is Different to Osmotic Stress Sensing. In: *Journal of fungi (Basel, Switzerland)* 7 (5). DOI: 10.3390/jof7050393.

BMEL: Gesetz zum Schutz der Kulturpflanzen (Pflanzenschutzgesetz). PflSchG, S. 1–41.

BMEL (2013): Nationaler Aktionsplan, S. 1–100. Online verfügbar unter https://www.nap-pflanzenschutz.de/fileadmin/SITE_MASTER/content/Startseite/NAP_2013-2_002.pdf, zuletzt geprüft am 22.11.2022.

BMEL (2019): Ackerbaustrategie 2035, S. 1–68. Online verfügbar unter https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/Ackerbaustrategie.pdf?__blob=publicationFile&v=17, zuletzt geprüft am 22.11.2022.

BMEL (2021): Jahresbericht 2021 des NAP Pflanzenschutz, S. 1–76. Online verfügbar unter https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/NAP-NationalerAktionsplanPflanzenschutz2021.pdf?__blob=publicationFile&v=4, zuletzt geprüft am 22.11.2022.

Bohnert, Isabelle (2020): Pflanzenschutz ganz natürlich. Arbeitstagung zum biologischen Pflanzenschutz in Karlsruhe-Augustenberg - Teil 2. In: *Gemüse - das Magazin für den professionellen Gemüsebau* (4).

Brune Ralf-Anton DEMENT (2020): Gebrauchsanleitung ASKON. Online verfügbar unter <https://www.syngenta.de/sites/g/files/zhg146/f/produktinformation-askon.pdf?token=1604654571>, zuletzt aktualisiert am 23.10.2020, zuletzt geprüft am 22.11.2022.

Büchse, Andreas (2011): Nutzung der Wirkungsgradberechnung nach ABBOTT und HENDERSON-TILTON in der angewandten Agrarforschung. Online verfügbar unter http://www.biometrische-gesellschaft.de/fileadmin/AG_Daten/Landwirtschaft/tagungsberichte_pdf/buechse.pdf, zuletzt geprüft am 22.11.2022.

BVL (2022): Verzeichnis zugelassener Pflanzenschutzmittel. Hg. v. Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. Online verfügbar unter <https://apps2.bvl.bund.de/psm/jsp/index.jsp>, zuletzt aktualisiert am 02.09.2022, zuletzt geprüft am 03.10.2022.

Certis Europe B.V.: Produktinformation Wein- & Obstbau 2020.

Charon, M.; Robin, D.; Marchand, P. A. (2019): The major interest for crop protection of agrochemical substances without maximum residue limit (MRL). In: *Biotechnologie, agronomie, société et environnement* 23 (1), S. 22–29, zuletzt geprüft am 04.11.2022.

- Crüger, Gerd (2002): Pflanzenschutz im Gemüsebau. 4., völlig neu bearb. und erw. Aufl. Stuttgart (Hohenheim): Ulmer.
- Dayan, Franck E.; Cantrell, Charles L.; Duke, Stephen O. (2009): Natural products in crop protection. In: *Bioorganic & Medical Chemistry* 17, S. 4022–4034.
- Destatis (2022a): KORREKTUR: Gemüseernte 2021 um 10 % gegenüber 2020 gestiegen. Pressemitteilung Nr. 073. Hg. v. Statistisches Bundesamt. Online verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/02/PD22_073_412.html.
- Destatis (2022b): Statistik - Gemüseerhebung. Anbaufläche / Erntemenge (Gemüse und Erdbeeren): Deutschland, Jahre, Gemüsearten auf dem Freiland. Hg. v. Statistisches Bundesamt. Wiesbaden. Online verfügbar unter <https://www.destatis.de/genesis/online?sequenz=statistikTabellen&selectionname=41215#abreadcrumb>, zuletzt geprüft am 24.10.2022.
- Düngegesetz (DüngG) vom 9. Januar 2009 (BGBl. I S. 54, 136), zuletzt geändert am 10. August 2021 (BGBl. I S. 3436).
- EBIC (2021): POSITION PAPER Multiple-use components in plant biostimulants. Online verfügbar unter https://biostimulants.eu/wp-content/uploads/2021/11/20211104-EBIC-MultipleUse-Position-v11_final.pdf, zuletzt geprüft am 22.11.2022.
- EFSA (2016): Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance *Bacillus amyloliquefaciens* strain FZB24. European Food Safety Authority (EFSA). In: *EFSA Journal* 14 (6), Artikel 4494, S. 1–18. DOI: 10.2903/j.efsa.2016.4494.
- Eghbal, Reyhaneh (Hg.) (2009): Ökologischer Gemüseanbau. Handbuch für Beratung und Praxis. 2., überarb. Aufl. Mainz: Bioland-Verl. (Praxis des Ökolandbaus).
- Enebe, Matthew Chekwube; Babalola, Olubukola Oluranti (2019): The impact of microbes in the orchestration of plants' resistance to biotic stress: a disease management approach. In: *Applied microbiology and biotechnology* 103 (1), S. 9–25. DOI: 10.1007/s00253-018-9433-3.
- EPPO (2017): PP 1/296 (1) Principles of efficacy evaluation for low-risk plant protection products. In: *EPPO Bull* 47 (3), S. 297–304. DOI: 10.1111/epp.12396.
- EU (2020): From Farm to Fork: Our food, our health, our planet, our future. The European Green Deal. Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs_20_908, zuletzt geprüft am 22.11.2022.

Europäische Kommission (06.05.2020): Durchführungsverordnung (EU) 2020/617 der Kommission vom 5. Mai 2020 zur Erneuerung der Genehmigung für den Wirkstoff Metalaxyl-M und zur Beschränkung der Verwendung von Saatgut, das mit Metalaxyl-M enthaltenden Pflanzenschutzmitteln behandelt wurde. In: *EFSA Journal* 13 (3), S. 3999. Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R0617&from=EN>, zuletzt geprüft am 10.12.2022.

Europäische Kommission (2022a): Questions and Answers: Farm to Fork: new rules for micro-organisms used in plant protection products. Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ganda_22_852, zuletzt aktualisiert am 10.02.2022, zuletzt geprüft am 17.12.2022.

Europäische Kommission (2022b): Verordnung (EU) Nr. 546/2011 der Kommission vom 10. Juni 2011 zur Durchführung der Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich einheitlicher Grundsätze für die Bewertung und Zulassung von Pflanzenschutzmitteln, vom 21.11.2022, S. 1–54. Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:02011R0546-20221121&qid=1670274532669&from=en>, zuletzt geprüft am 04.12.2022.

Europäische Kommission (18.05.2022): Durchführungsverordnung (EU) 2022/782 der Kommission vom 18. Mai 2022 zum Widerruf der Genehmigung für den Wirkstoff Isopyrazam gemäß der Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln, zur Änderung der Durchführungsverordnung (EU) Nr. 540/2011 der Kommission und zur Aufhebung der Durchführungsverordnung (EU) Nr. 1037/2012, S. 1–3. Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022R0782&from=EN>, zuletzt geprüft am 10.12.2022.

Europäisches Parlament: Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln und zur Aufhebung der Richtlinien 79/117/EWG und 91/414/EWG des Rates, S. 1–50.

Europäisches Parlament (01.01.2022): Verordnung (EU) 2018/848 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen sowie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates, S. 1–134. Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:02018R0848-20220101&from=EN>, zuletzt geprüft am 11.12.2022.

Fallik, Elazar; Ziv, Oded; Grinberg, Shoshana; Alkalai, Sharon; Klein, Joshua D. (1997): Bicarbonate solutions control powdery mildew (*Leveillula taurica*) on sweet red pepper and reduce the development of postharvest fruit rotting. In: *Phytoparasitica* 25 (1), S. 41–43. DOI: 10.1007/BF02981478.

FRAC (2019): PATHOGEN RISK LIST (September 2019), S. 1–7. Online verfügbar unter <https://www.frac.info/docs/default-source/publications/pathogen-risk/frac-pathogen-list-2019.pdf>, zuletzt geprüft am 22.11.2022.

FRAC (2022): FRAC Code List 2022: Fungal control agents sorted by cross-resistance pattern and mode of action. (including coding for FRAC Groups on product labels). Hg. v. Fungicide Resistance Action Committee. Online verfügbar unter <https://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac-code-list-2022--final.pdf>, zuletzt geprüft am 31.10.2022.

Ganninger-Hauck, Doris (2019): Sensibles Thema - Möhren und Rückstände. In: *Gemüse - das Magazin für den professionellen Gemüsebau* (7), S. 20–21.

Girard, Karen; van der Ent, Sjoerd; Knapp, Markus; Klapwijk, Johannette; Moerman, Ed; van Schelt, Jeroen; Weert, Sandra de (Hg.) (2017): Knowing and recognizing. The biology of pests, diseases and their natural solutions. Unter Mitarbeit von Aleid Josine Dik, Mark Jongen und Mesa Schumacher. [Third] revised and expanded edition of the second edition. Berkeley en Rodenrijs: Koppert Biological Systems.

Glawe, Dean A. (2008): The powdery mildews: a review of the world's most familiar (yet poorly known) plant pathogens. In: *Annual review of phytopathology* 46, S. 27–51. DOI: 10.1146/annurev.phyto.46.081407.104740.

Hallmann, Johannes; Tiedemann, Andreas von (2019): Phytomedizin. 123 Abbildungen, 84 Tabellen. 3., vollständig überarbeitete Auflage. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer (UTB-Band, Nr. 2863).

Hedrich, T.; Rascher, B. (2019): Versuche im deutschen Gartenbau 2019 - Ökologischer Gemüsebau. Lagermöhrensorten 'Norway' F1 'Maestro' F1 und 'Nerac' F1 überzeugen mit hohem Ertragspotential. Hg. v. Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau. Bamberg. Online verfügbar unter https://www.lwg.bayern.de/mam/cms06/gartenbau/dateien/2019_ief_3-14-07_lagerm%C3%B6hren.pdf, zuletzt geprüft am 01.11.2022.

Heldt, Hans Walter; Piechulla, Birgit (2015): Pflanzenbiochemie. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Heydari, Asghar; Pessarakli, Mohammad (2010): A Review on Biological Control of Fungal Plant Pathogens Using Microbial Antagonists. In: *J. of Biological Sciences* 10 (4), S. 273–290. DOI: 10.3923/jbs.2010.273.290.

IBMA: DEFINITION. Bioprotection as the global term for all biocontrol technologies. International Biocontrol Manufacturers Association. Online verfügbar unter <https://ibma-global.org/wp-content/uploads/2022/03/2022-02-IBMA-Definition-Leaflet.pdf>, zuletzt geprüft am 22.11.2022.

IVA (2015): Substitutionskandidaten und vergleichende Bewertung im Pflanzenschutz. Hg. v. Industrieverband Agrar. Frankfurt am Main. Online verfügbar unter https://www.iva.de/sites/default/files/pdfs/150129_substitution_vergl_bewertung_das_wichtigste_in_kuerze_jan_2015.pdf.

IVA (2020): Zur Höhe des Selbstversorgungsgrads bei Acker- und Sonderkulturen in Deutschland und Veränderungen dieser Maßzahl bei alternativen Szenarien. Hg. v. Industrieverband Agrar. Online verfügbar unter https://www.iva.de/sites/default/files/pdfs/hintergrund_selbstversorgungsgrad_jpk_050520.pdf.

ISIP: Infothek - Echter Mehltau. Online verfügbar unter isip.de/isip/servlet/isip-de/infothek/gartenbau/moehren/echter-mehltau, zuletzt geprüft am 11.11.2022.

Jamar, L.; Lefrancq, B.; Lateur, M. (2007): Control of apple scab (*Venturia inaequalis*) with bicarbonate salts under controlled environment. In: *J Plant Dis Prot* 114 (5), S. 221–227. DOI: 10.1007/BF03356221.

Jiao, Rong; Cai, Yongzhan; He, Pengfei; Munir, Shahzad; Li, Xingyu; Wu, Yixin et al. (2021): *Bacillus amyloliquefaciens* YN201732 Produces Lipopeptides With Promising Biocontrol Activity Against Fungal Pathogen *Erysiphe cichoracearum*. In: *Frontiers in cellular and infection microbiology* 11, S. 598999. DOI: 10.3389/fcimb.2021.598999.

JKI: Biologischer Pflanzenschutz. Hg. v. Julius Kühn-Institut. Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen. Quedlinburg. Online verfügbar unter <https://www.julius-kuehn.de/pflanzenschutz/biologischer-pflanzenschutz/>, zuletzt geprüft am 22.11.2022.

Junge, H.; Krebs, B.; Kilian, M. (2000): Strain selection, production, and formulation of the biological plant vitality enhancing agent FZB24® *Bacillus subtilis*. In: *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* 1 (1), S. 94–104. Online verfügbar unter <https://www.researchgate.net/publication/268295215>, zuletzt geprüft am 01.11.2022.

Kamilova, Faina; Bruyne, Roland de (2013): Plant Growth Promoting Microorganisms: The Road from an Academically Promising Result to a Commercial Product. In: Frans J. de Bruijn (Hg.): *Molecular Microbial Ecology of the Rhizosphere*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc, S. 677–686.

Karaoglanidis, G. S.; Karadimos, D. A. (2006): Efficacy of strobilurins and mixtures with DMI fungicides in controlling powdery mildew in field-grown sugar beet. In: *Crop Protection* 25 (9), S. 977–983. DOI: 10.1016/j.cropro.2006.01.005.

Keller, Daniela (2022): Das Ding mit der Normalverteilung. In: *Exposé* 3 (1), S. 37–41. DOI: 10.3224/expose.v3i1.09.

Kilian, M.; Steiner, U.; Krebs, B.; Junge, H.; Schmiedeknecht, G.; Hain, R. (2000): FZB24 *Bacillus subtilis* - mode of action of a microbial agent enhancing plant vitality. In: *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* (1), S. 72–93. Online verfügbar unter <https://www.researchgate.net/publication/288032437>, zuletzt geprüft am 01.11.2022.

Klenke, Friedemann (2015): Pflanzenparasitische Kleinpilze. Bestimmungsbuch für Brand-, Rost-, Mehltau-, Flagellatenpilze und Wucherlingsverwandte in Deutschland, Österreich, der Schweiz und Südtirol. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Online verfügbar unter <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=4087728>.

Koch, Eckhard; Moll, Eckard; Schmitt, Annegret; Seifried, Christoph (2013): Echter Gurkenmehltau – Erreger, Regulierungsmöglichkeiten und Vorstellung einer Webanwendung zur Befallsbonitur. 162-168 Seiten / *Journal für Kulturpflanzen*, Bd. 65 Nr. 4 (2013). DOI: 10.5073/JFK.2013.04.04.

Koch, I.; Kreiselmaier, J. (2020): Pflanzenschutz. In: H. Laber und G. Lattauschke (Hg.): *Gemüsebau*. 3., erweiterte Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer, 171-186.

Koike, Steven T.; Gladders, Peter; Paulus, Albert O. (2007): *Vegetable diseases. A colour handbook*. London: Manson (Plant protection handbook series).

Koumoutsi, Alexandra (2006): Functional genome analysis of the plant-growth promoting bacterium *Bacillus amyloliquefaciens* strain FZB42; characterizing its production and regulation of nonribosomal peptide synthetases. Dissertation. Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät I.

Krebs, B.; Höding, B.; Kübart, S.; Alemayehu Workie, M.; Junge, H.; Schmiedeknecht, G. et al. (1998): Use of *Bacillus subtilis* as biocontrol agent. I. Activities and characterization of *Bacillus subtilis* strains. Anwendung von *Bacillus subtilis* als Mittel für den biologischen Pflanzenschutz. I. Aktivitäten und Charakterisierung von *Bacillus subtilis*-Stämmen. In: *Journal of Plant Diseases and Protection* 105 (2), S. 181–197. Online verfügbar unter <https://www.jstor.org/stable/43215232>, zuletzt geprüft am 01.11.2022.

Kühne, S.; Friedrich, B.; Spangenberg, R. (2020): Schwefel, Netzschwefel, Kaliumsulfid, Kalksulfat. Hg. v. Julius Kühn-Institut. Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen. Kleinmachnow. Online verfügbar unter <https://oekologischerlandbau.julius-kuehn.de/schwefel.html>, zuletzt geprüft am 10.12.2022.

Leucker, Marlene (2019): Demonstrationsbetrieb.

Lewis, K. A.; Tzilivakis, J.; Warner, D.; Green, A. (2016): An international database for pesticide risk assessments and management. PPDB: Pesticide Properties DataBase. In: *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal* 22 (4), S. 1050–1064. DOI: 10.1080/10807039.2015.1133242.

LTZ; DLR (Hg.) (2022): Integrierter Pflanzenschutz Erwerbsgemüsebau.

Ludwig-Ohm, Sabine; Klockgether, Kathrin; Dirksmeyer, Walter (2017): Lebensmittelverluste in der deutschen Gemüseproduktion - Erkenntnisse aus Fallstudien zur Erzeugung von Salat und Möhre. Unter Mitarbeit von Thomas Rath. Online verfügbar unter https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn059864.pdf, zuletzt geprüft am 23.11.2022.

LVWO (2020): Oidium (Rebenmehltau)- Schadbild, Biologie und Bekämpfung. Hg. v. Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz, Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau Weinsberg. Online verfügbar unter https://lvwo.landwirtschaft-bw.de/pb/_Lde/Startseite/Fachinformationen/Oidium+-Schadbild+Biologie+und+Bekaempfung?LISTPAGE=669250, zuletzt geprüft am 10.12.2022.

Magyarosy, Andrew C.; Schürmann, Peter; Buchanan, Bob B. (1976): Effect of Powdery Mildew Infection on Photosynthesis by Leaves and Chloroplasts of Sugar Beets. In: *Plant Physiology* 57 (4), S. 486–489. Online verfügbar unter <https://academic.oup.com/plphy/article/57/4/486/6074927>, zuletzt geprüft am 24.09.2022.

Meena, Vijay Singh (Hg.) (2018): Role of Rhizospheric Microbes in Soil. Volume 1 Stress Management and Agricultural Sustainability. 1st ed. 2018. Singapore: Springer Singapore; Imprint: Springer.

Mering, F. von; Kienzle, J.; Kanthak, S.; Reiners, E.; Patzwahl, W.; Weihrauch, F.; Rückrich, K. (2016): Strategiepapier zu Kupfer als Pflanzenschutzmittel unter besonderer Berücksichtigung des Ökologischen Landbaus - Aktueller Stand der Aktivitäten und weiterer Handlungsbedarf. Hg. v. BÖLW e.V., FÖKO e.V., ECOVIN e.V., Bioland e.V., Naturland e.V., Demeter e.V., et al. JKI. Online verfügbar unter <http://kupfer.jki.bund.de/index.php?menuid=29>, zuletzt geprüft am 10.12.2022.

Paas, W.; Schalich, J. (2005): Böden am Niederrhein. Krefeld. Online verfügbar unter gd.nrw.de/zip/pr_bs_boeden-am-niederrhein.pdf, zuletzt geprüft am 07.12.2022.

Pertot, I.; Puopolo, G.; Giovannini, O.; Angeli, D.; Sicher, C.; Perazzolli, M. (2016): Advantages and limitations involved in the use of microbial biofungicides for the control of root and foliar phytopathogens of fruit crops. In: *Italus Hortus* 23 (3), S. 3–12.

Pichyangkura, Rath; Chadchawan, Supachitra (2015): Biostimulant activity of chitosan in horticulture. In: *Scientia Horticulturae* 196, S. 49–65. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.09.031.

PS Info: Das Pflanzenschutzinformationssystem PS Info. Hg. v. Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR) Rheinpfalz. Online verfügbar unter www.pflanzenschutz-information.de, zuletzt geprüft am 18.12.2022

Qaim, Martin (2019): Agrarökonomische Forschung im Kontext der globalen Nachhaltigkeitsziele. In: *German Journal of Agricultural Economics* 68, S. 15–28. Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/publication/337673453_Agrarokonomische_Forschung_im_Kontext_der_globalen_Nachhaltigkeitsziele/link/5de4d2c5299bf10bc33771bc/download, zuletzt geprüft am 08.12.2022.

Rabbee MF, Ali MS, Choi J, Hwang BS, Jeong SC, Baek KH. *Bacillus velezensis*: A Valuable Member of Bioactive Molecules within Plant Microbiomes. *Molecules*. 2019 Mar 16;24(6):1046. doi: 10.3390/molecules24061046. PMID: 30884857; PMCID: PMC6470737.

Redl, Markus; Sitavanc, Lisa; Hanousek, Florian; Steinkellner, Siegrid (2021): A single out-of-season fungicide application reduces the grape powdery mildew inoculum. In: *Crop Protection* 149, S. 105760. DOI: 10.1016/j.cropro.2021.105760.

Reuveni, M.; Agapov, V.; Reuveni, R. (1996): Controlling powdery mildew caused by *Sphaerotheca fuliginea* in cucumber by foliar sprays of phosphate and potassium salts. In: *Crop Protection* 15 (1), S. 49–53. DOI: 10.1016/0261-2194(95)00109-3.

Richter, Ellen; Götte, Elisabeth; Hack, Gabriele (2021): Zierpflanzenproduktion in Deutschland- mit alternativen Strategien im Pflanzenschutz zukunftsfähig? 333-352 Seiten / *Journal für Kulturpflanzen*, Bd. 73 Nr. 11-12 (2021) 73 (11-12), S. 333–352. DOI: 10.5073/JFK.2021.11-12.01.

Romero, D.; Vicente, A. de; Zeriuoh, H.; Cazorla, F. M.; Fernández-Ortuno, D.; Torés, J. A.; Pérez-García, A. (2007): Evaluation of biological control agents for managing cucurbit powdery mildew on greenhouse-grown melon. In: *Plant Pathology* 56, S. 976–986. Online verfügbar unter <https://bsppjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-3059.2007.01684.x>, zuletzt geprüft am 29.10.2022.

Roy, Anne-Sophie (2000): EPPO Standards - Guidelines on good plant protection practice. Umbelliferous crops. PP 2/22(1) English, S. 1–22.

Sehsah, Mohamed D.; El-Kot, Gabr A.; El-Nogoumy, Baher A.; Alorabi, Mohammed; El-Shehawi, Ahmed M.; Salama, Nagwa H.; El-Tahan, Amira M. (2022): Efficacy of *Bacillus subtilis*, *Moringa oleifera* seeds extract and potassium bicarbonate on *Cercospora* leaf spot on sugar beet. In: *Saudi journal of biological sciences* 29 (4), S. 2219–2229. DOI: 10.1016/j.sjbs.2021.11.039.

Soliman, Mona H.; El-Mohamedy, Riad S. R. (2017): Induction of Defense-Related Physiological and Antioxidant Enzyme Response against Powdery Mildew Disease in Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) Plant by Using Chitosan and Potassium Salts. In: *Mycobiology* 45 (4), S. 409–420. DOI: 10.5941/MYCO.2017.45.4.409.

Stenberg, Johan A.; Sundh, Ingvar; Becher, Paul G.; Björkman, Christer; Dubey, Mukesh; Egan, Paul A. et al. (2021): When is it biological control? A framework of definitions, mechanisms, and classifications. In: *J Pest Sci* 94 (3), S. 665–676. DOI: 10.1007/s10340-021-01354-7.

Syngenta Agro GmbH: Einsatz von FytoSave im Zierpflanzenbau. Online verfügbar unter https://www.syngenta.de/sites/g/files/zhg146/f/media/2021/05/04/fyotosave_zierpflanzen_broschuere.pdf?token=1620136579, zuletzt geprüft am 22.11.2022.

Truberg, Bernd; Hammann, Thilo; Darsow, Ulrich; Piepho, Hans-Peter (2009): Empirischer Vergleich verschiedener Methoden zur Reifekorrektur von Daten zum Befall mit Krautfäule (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) in Selektionsexperimenten bei der Kartoffel (*Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum*) 61 (3), S. 77–81. DOI: 10.2307/j.ctt46nrzt.12.

Tziros, George T.; Samaras, Anastasios; Karaoglanidis, George S. (2021): Laminarin Induces Defense Responses and Efficiently Controls Olive Leaf Spot Disease in Olive. In: *Molecules (Basel, Switzerland)* 26 (4). DOI: 10.3390/molecules26041043.

van Aubel, Géraldine; Buonatesta, Raffael; van Cutsem, Pierre (2014): COS-OGA: A novel oligosaccharidic elicitor that protects grapes and cucumbers against powdery mildew. In: *Crop Protection* 65, S. 129–137. DOI: 10.1016/j.cropro.2014.07.015.

van Aubel, Géraldine; Cambier, Pierre; Dieu, Marc; van Cutsem, Pierre (2016): Plant immunity induced by COS-OGA elicitor is a cumulative process that involves salicylic acid. In: *Plant science : an international journal of experimental plant biology* 247, S. 60–70. DOI: 10.1016/j.plantsci.2016.03.005.

Watson, A.; Pung, H.; Hall, B. H. (2017): Managing leaf diseases of carrots with traditional and alternative fungicides including baseline sensitivity studies. In: *Crop Protection* 93, S. 52–59. DOI: 10.1016/j.cropro.2016.11.017.

Watson, Andrew (2016): Managing carrot powdery mildew. In: *Australasian Plant Pathol.* 45 (1), S. 29–35. DOI: 10.1007/s13313-015-0383-2.

Weier, Ulrike (2022): Laubkrankheiten in Möhren - Blattflecken und Echter Mehltau als gemischtes Doppel. Landwirtschaftskammer Niedersachsen. Online verfügbar unter https://www.lwk-niedersachsen.de/lwk/news/39417_Laubkrankheiten_in_M%C3%B6hren_-_Blattflecken_und_Echter_Mehltau_als_gemischtes_Doppel, zuletzt aktualisiert am 24.06.2022, zuletzt geprüft am 22.11.2022.

Wessels, Andrea: Pflanzenschutz bleibt ein Reizthema. In: *Lebensmittelzeitung* 2020 (7), S. 16. Online verfügbar unter <https://www.wiso-net.de/document/LMZ20200214527654%7CLMZA20200214527654>.

Wick, Mario; Richter, Ellen; Waldow, Franziska; Haak, Kerstin; Gellenthin, Friederike (2018): Zum Stand der Umsetzung der Vorgaben im Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln für den Bereich Lückenindikationen: Verlag Eugen Ulmer.

Wilcox, Rand R. (2022): Introduction to robust estimation and hypothesis testing. Fifth edition. London, United Kingdom, San Diego, United States, Cambridge, MA, Oxford, United Kingdom: Academic Press an imprint of Elsevier. Online verfügbar unter <https://zbmath.org/?q=an%3A1470.62006>.

Wonneberger, Christoph; Keller, Fritz (2004): Gemüsebau. [Neufass.]. Stuttgart (Hohenheim): Ulmer.

Anhang

Tab. A1: Daten der Befallsbonituren (Mittelwerte) mit Befall = Befallsstärke in %, Abbott = Wirkungsgrad nach Abbott, s = Standardabweichung, SNK = Student-Newmans-Keuls-Test, VGL = Versuchsglied (Variante).

| VGL | Bezeichnung | Datum | | Befall | | Abbott | | Befall | | Abbott | | Befall | | Abbott | |
|-----|-----------------|------------|-----------|------------|-------|------------|------------|------------|-------|------------|------------|------------|-------|------------|-----------|
| | | 04.08.2022 | s | 04.08.2022 | s | 11.08.2022 | s | 11.08.2022 | s | 18.08.2022 | s | 18.08.2022 | s | 25.08.2022 | s |
| 1 | Kontrolle | 7,78 | 2,34 A | | | 23,95 | 5,48 A | | | 24,00 | 6,24 A | | | 26,88 | 2,53 A |
| 2 | ASKON | 7,72 | 3,03 A | 0,65 | 39,00 | 13,70 | 2,26 BC | 42,80 | 9,44 | 12,65 | 2,88 BC | 47,29 | 11,99 | 10,68 | 1,72 B |
| 3 | TAEGRO | 6,13 | 1,98 A | 21,22 | 25,45 | 21,28 | 6,07 A | 11,17 | 25,36 | 24,35 | 3,19 A | -1,46 | 13,29 | 24,45 | 4,75 A |
| 4 | TAEGRO; ASKON | 7,90 | 3,04 A | -1,61 | 39,11 | 14,30 | 4,68 BC | 40,29 | 19,56 | 15,05 | 3,82 B | 37,29 | 15,92 | 13,23 | 1,75 B |
| 5 | FytoSave | 7,55 | 3,45 A | 2,89 | 44,44 | 19,32 | 3,69 AB | 19,31 | 15,40 | 23,70 | 4,54 A | 1,25 | 18,91 | 26,63 | 2,07 A |
| 6 | FytoSave; ASKON | 6,25 | 3,46 A | 19,62 | 44,56 | 13,30 | 2,68 BC | 44,46 | 11,21 | 12,88 | 1,83 BC | 46,36 | 7,64 | 11,53 | 2,83 B |
| 7 | Kumar; FytoSave | 2,85 | 1,84 B | 63,34 | 23,63 | 9,27 | 4,40 C | 61,27 | 18,39 | 9,00 | 4,36 C | 62,50 | 18,15 | 14,68 | 5,04 B |

| VGL | Bezeichnung | Datum | | Befall | | Abbott | | Befall | | Abbott | | Befall | | Abbott | |
|-----|-----------------|------------|-------|------------|------------|------------|-------|------------|-----------|------------|-------|------------|-----------|------------|-------|
| | | 25.08.2022 | s | 01.09.2022 | s | 01.09.2022 | s | 06.09.2022 | s | 06.09.2022 | s | 13.09.2022 | s | 13.09.2022 | s |
| 1 | Kontrolle | | | 28,63 | 3,92 A | | | 31,63 | 4,06 A | | | 29,70 | 3,81 A | | |
| 2 | ASKON | 60,28 | 6,39 | 9,15 | 2,16 D | 68,03 | 7,54 | 7,88 | 2,13 C | 75,10 | 6,74 | 6,40 | 1,65 C | 78,45 | 5,56 |
| 3 | TAEGRO | 9,02 | 17,67 | 31,25 | 10,28 A | -9,17 | 35,91 | 29,85 | 4,03 A | 5,61 | 12,73 | 30,28 | 2,89 A | -1,94 | 9,74 |
| 4 | TAEGRO; ASKON | 50,79 | 6,50 | 11,07 | 3,13 D | 61,31 | 10,93 | 13,32 | 3,41 B | 57,87 | 10,79 | 12,05 | 3,03 B | 59,43 | 10,21 |
| 5 | FytoSave | 0,93 | 7,70 | 26,38 | 7,78 AB | 7,86 | 27,19 | 27,05 | 3,66 A | 14,46 | 11,58 | 27,30 | 1,75 A | 8,08 | 5,89 |
| 6 | FytoSave; ASKON | 57,12 | 10,51 | 12,55 | 3,15 CD | 56,16 | 11,01 | 15,65 | 0,66 B | 50,51 | 2,09 | 15,65 | 3,70 B | 47,31 | 12,45 |
| 7 | Kumar; FytoSave | 45,40 | 18,74 | 19,48 | 8,14 BC | 31,96 | 28,44 | 19,00 | 5,95 B | 39,92 | 18,81 | 24,27 | 4,63 A | 18,27 | 15,59 |

| VGL | Bezeichnung | Datum | | Befall | | Abbott | |
|-----|-----------------|------------|-------------|------------|-------|--------|--|
| | | 28.09.2022 | s | 28.09.2022 | s | | |
| 1 | Kontrolle | 34,10 | 3,32 AB | | | | |
| 2 | ASKON | 8,52 | 1,82 C | 75,00 | 5,35 | | |
| 3 | TAEGRO | 33,48 | 2,72 AB | 1,83 | 7,99 | | |
| 4 | TAEGRO; ASKON | 23,90 | 2,69 B | 29,91 | 7,89 | | |
| 5 | FytoSave | 36,58 | 2,69 A | -7,26 | 7,88 | | |
| 6 | FytoSave; ASKON | 26,43 | 11,03 AB | 22,51 | 32,34 | | |
| 7 | Kumar; FytoSave | 33,52 | 5,96 AB | 1,68 | 17,49 | | |

Tab. A2: Mittelwerte aus den Rohdaten der Befallsbonituren (aus n=10 Stichproben / Parzelle) und berechnete AUDPC der Mittelwerte ab Befallsbeginn, AUDPC* = AUDPC bis inclusive Tag 40 nach Befallsbeginn. Varianten: 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = ASKON[®], 3 = TAEGR[®], 4 = ASKON[®] + TAEGR[®], 5 = FytoSave[®], 6 = ASKON[®] + FytoSave[®], 7 = Kumar[®] + FytoSave[®].

| Variante / WDH | Tage nach Befallsbeginn | | | | | | | | AUDPC | AUDPC* |
|----------------|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|---------|---------|
| | 0 | 7 | 14 | 21 | 28 | 33 | 40 | 55 | | |
| 1 A | 4,3 | 21 | 23,6 | 26,3 | 34,1 | 36,4 | 33,1 | 33,3 | 1548,2 | 1050,2 |
| 1 B | 9 | 24,5 | 30 | 25,4 | 28,1 | 33,5 | 24,7 | 33,3 | 1481,85 | 1046,85 |
| 1 C | 9,3 | 18,9 | 15,5 | 25,2 | 27,5 | 27,6 | 32,2 | 31 | 1367,05 | 893,05 |
| 1 D | 8,5 | 31,4 | 26,9 | 30,6 | 24,8 | 29 | 28,8 | 38,8 | 1582,65 | 1075,65 |
| 2 A | 5,9 | 10,8 | 9,2 | 8,5 | 6 | 5 | 4,4 | 9,1 | 402,8 | 301,55 |
| 2 B | 7 | 16,3 | 14,6 | 12 | 9,5 | 10,1 | 7,9 | 7,9 | 588,55 | 470,05 |
| 2 C | 12,2 | 13,6 | 15,4 | 10,1 | 10,6 | 7,9 | 7,6 | 10,7 | 591,25 | 454,0 |
| 2 D | 5,8 | 14,1 | 11,4 | 12,1 | 10,5 | 8,5 | 5,7 | 6,4 | 508,2 | 417,45 |
| 3 A | 3,4 | 16,2 | 21,3 | 18,1 | 15,9 | 30,4 | 33,3 | 30,6 | 1274,7 | 795,45 |
| 3 B | 6 | 30,1 | 27,8 | 26,1 | 36,5 | 24,2 | 32,2 | 31,9 | 1566,65 | 1085,9 |
| 3 C | 7,9 | 19,5 | 26,3 | 24,2 | 35,1 | 33,7 | 27,7 | 34,8 | 1496,15 | 1027,4 |
| 3 D | 7,2 | 19,3 | 22 | 29,4 | 37,5 | 31,1 | 27,9 | 36,6 | 1513,1 | 1029,35 |
| 4 A | 3,7 | 10,8 | 11,6 | 15,7 | 8,5 | 8,4 | 10,5 | 26,8 | 697,55 | 417,8 |
| 4 B | 9,2 | 21,2 | 20,2 | 12,4 | 11,8 | 15,9 | 16,6 | 22,2 | 924,1 | 633,1 |
| 4 C | 7,9 | 12,9 | 15,6 | 11,7 | 8,8 | 15,3 | 10,5 | 21,1 | 727,4 | 490,4 |
| 4 D | 10,8 | 12,3 | 12,8 | 13,1 | 15,2 | 13,7 | 10,6 | 25,5 | 786,45 | 515,7 |
| 5 A | 2,9 | 14,6 | 23 | 24 | 17,8 | 23,3 | 28,8 | 40,5 | 1308,5 | 788,75 |
| 5 B | 7,1 | 23,6 | 24,6 | 27,6 | 36,3 | 31,3 | 26,1 | 36 | 1518,15 | 1052,4 |
| 5 C | 9,4 | 9,4 | 9,4 | 9,4 | 9,4 | 9,4 | 9,4 | 9,4 | 517 | 376,0 |
| 5 D | 10,8 | 19,3 | 18,1 | 26,1 | 23,6 | 24,8 | 25,5 | 34,5 | 1311,95 | 861,95 |
| 6 A | 2,7 | 12,7 | 11,1 | 7,9 | 9,5 | 16,4 | 11,7 | 27,5 | 721,7 | 427,7 |
| 6 B | 5,4 | 13,4 | 15,3 | 11,6 | 16,9 | 15,6 | 19,5 | 13,5 | 811,75 | 564,25 |
| 6 C | 11 | 16,8 | 13,2 | 11,8 | 11,3 | 15,8 | 18 | 24,4 | 874,7 | 556,7 |
| 6 D | 5,9 | 10,3 | 11,9 | 14,8 | 12,5 | 14,8 | 13,4 | 40,3 | 893,1 | 490,35 |
| 7 A | 1,2 | 3,9 | 4,3 | 7,5 | 9,7 | 11,7 | 20,4 | 39,1 | 760,15 | 313,9 |
| 7 B | 5,4 | 13,4 | 13 | 18,6 | 27 | 23,6 | 23 | 25,1 | 1078,75 | 718,0 |
| 7 C | 2,9 | 7,5 | 6,3 | 14,9 | 15,9 | 16,6 | 22,7 | 35,5 | 922 | 485,5 |
| 7 D | 1,9 | 12,3 | 12,4 | 17,7 | 25,3 | 24,1 | 31 | 34,4 | 1198,85 | 708,35 |

Tab. A3: Test der AUDPC (bis 55 dps) / AUDPC* (bis 40 dps) der Befallsbonituren auf Normalverteilung nach Shapiro-Wilk. Versuchsglied (VGL) / Variante: 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = ASKON[®], 3 = TAEGR[®], 4 = ASKON[®] + TAEGR[®], 5 = FytoSave[®], 6 = ASKON[®] + FytoSave[®], 7 = Kumar[®] + FytoSave[®].

| Tests auf Normalverteilung | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------|------|-------------|--------------|----|-------------|--|
| VGL | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | | |
| | Statistik | df | Signifikanz | Statistik | df | Signifikanz | |
| AUDPC | 1 | ,213 | 4 | ,937 | 4 | ,635 | |
| | 2 | ,271 | 4 | ,864 | 4 | ,276 | |
| | 3 | ,353 | 4 | ,831 | 4 | ,171 | |
| | 4 | ,240 | 4 | ,904 | 4 | ,451 | |
| | 5 | ,378 | 4 | ,808 | 4 | ,118 | |
| | 6 | ,238 | 4 | ,916 | 4 | ,517 | |
| | 7 | ,179 | 4 | ,985 | 4 | ,930 | |

a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

| Tests auf Normalverteilung | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------|------|-------------|--------------|----|-------------|--|
| VGL | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | | |
| | Statistik | df | Signifikanz | Statistik | df | Signifikanz | |
| AUDPC* | 1 | ,393 | 4 | ,764 | 4 | ,052 | |
| | 2 | ,285 | 4 | ,856 | 4 | ,246 | |
| | 3 | ,380 | 4 | ,802 | 4 | ,105 | |
| | 4 | ,244 | 4 | ,965 | 4 | ,810 | |
| | 5 | ,277 | 4 | ,933 | 4 | ,615 | |
| | 6 | ,268 | 4 | ,896 | 4 | ,409 | |
| | 7 | ,283 | 4 | ,877 | 4 | ,325 | |

a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

Tab. A4: Test der AUDPC (bis 55 dps) / AUPDC* (bis 40 dps) der Befallsbonituren auf Varianzhomogenität nach Levene.

| Tests der Varianzhomogenität | | | | | |
|------------------------------|---|------------------|-----|-------|------|
| | | Levene-Statistik | df1 | df2 | Sig. |
| AUDPC | Basiert auf dem Mittelwert | 3,303 | 6 | 21 | ,019 |
| | Basiert auf dem Median | ,823 | 6 | 21 | ,565 |
| | Basierend auf dem Median und mit angepassten df | ,823 | 6 | 4,361 | ,601 |
| | Basiert auf dem getrimmten Mittel | 2,820 | 6 | 21 | ,036 |

| Tests der Varianzhomogenität | | | | | |
|------------------------------|---|------------------|-----|-------|------|
| | | Levene-Statistik | df1 | df2 | Sig. |
| AUPDC* | Basiert auf dem Mittelwert | 2,007 | 6 | 21 | ,110 |
| | Basiert auf dem Median | 1,327 | 6 | 21 | ,289 |
| | Basierend auf dem Median und mit angepassten df | 1,327 | 6 | 8,606 | ,340 |
| | Basiert auf dem getrimmten Mittel | 1,858 | 6 | 21 | ,136 |

Tab. A5: Test der AUDPC (bis 55 dps) / AUPDC* (bis 40 dps) der Befallsbonituren auf Gleichheit der Mittelwerte.

| ANOVA | | | | | |
|-----------------------|--------------|----|---------------------|--------|-------|
| AUDPC | Quadratsumme | df | Mittel der Quadrate | F | Sig. |
| Zwischen den Gruppen | 3130225,447 | 6 | 521704,241 | 12,973 | <,001 |
| Innerhalb der Gruppen | 844502,513 | 21 | 40214,405 | | |
| Gesamt | 3974727,960 | 27 | | | |

| ANOVA | | | | | |
|-----------------------|--------------|----|---------------------|--------|-------|
| AUPDC* | Quadratsumme | df | Mittel der Quadrate | F | Sig. |
| Zwischen den Gruppen | 1432797,317 | 6 | 238799,553 | 10,423 | <,001 |
| Innerhalb der Gruppen | 481136,101 | 21 | 22911,243 | | |
| Gesamt | 1913933,417 | 27 | | | |

Tab. A6: Varianzanalyse der AUDPC der Befallsbonituren nach Tukey-HSD mit $p \leq 0,05$ und homogene Subsets. Versuchsglied (VGL) / Variante: 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = ASKON[®], 3 = TAEGR[®], 4 = ASKON[®] + TAEGR[®], 5 = FytoSave[®], 6 = ASKON[®] + FytoSave[®], 7 = Kumar[®] + FytoSave[®].

Mehrere Vergleiche

Abhängige Variable: AUDPC

| | (I) VGL | (J) VGL | Mittelwertdifferenz (I-J) | Std.-Fehler | Sig. | 95% Konfidenzintervall | |
|-----------|---------|---------|---------------------------|-------------|-----------|------------------------|------------|
| | | | | | | Untergrenze | Obergrenze |
| Tukey-HSD | 1 | 2 | 972,23750* | 141,79987 | <,001 | 511,2769 | 1433,1981 |
| | | 3 | 32,28750 | 141,79987 | 1,000 | -428,6731 | 493,2481 |
| | | 4 | 711,06250* | 141,79987 | <,001 | 250,1019 | 1172,0231 |
| | | 5 | 331,03750 | 141,79987 | ,274 | -129,9231 | 791,9981 |
| | | 6 | 669,62500* | 141,79987 | ,002 | 208,6644 | 1130,5856 |
| | | 7 | 505,00000* | 141,79987 | ,026 | 44,0394 | 965,9606 |
| | | 2 | 1 | -972,23750* | 141,79987 | <,001 | -1433,1981 |
| | 3 | | -939,95000* | 141,79987 | <,001 | -1400,9106 | -478,9894 |
| | 4 | | -261,17500 | 141,79987 | ,537 | -722,1356 | 199,7856 |
| | 5 | | -641,20000* | 141,79987 | ,003 | -1102,1606 | -180,2394 |
| | 6 | | -302,61250 | 141,79987 | ,370 | -763,5731 | 158,3481 |
| | 7 | | -467,23750* | 141,79987 | ,046 | -928,1981 | -6,2769 |
| | 3 | | 1 | -32,28750 | 141,79987 | 1,000 | -493,2481 |
| | | 2 | 939,95000* | 141,79987 | <,001 | 478,9894 | 1400,9106 |
| | | 4 | 678,77500* | 141,79987 | ,002 | 217,8144 | 1139,7356 |
| | | 5 | 298,75000 | 141,79987 | ,384 | -162,2106 | 759,7106 |
| | | 6 | 637,33750* | 141,79987 | ,003 | 176,3769 | 1098,2981 |
| | | 7 | 472,71250* | 141,79987 | ,042 | 11,7519 | 933,6731 |
| | | 4 | 1 | -711,06250* | 141,79987 | <,001 | -1172,0231 |
| | 2 | | 261,17500 | 141,79987 | ,537 | -199,7856 | 722,1356 |
| | 3 | | -678,77500* | 141,79987 | ,002 | -1139,7356 | -217,8144 |
| | 5 | | -380,02500 | 141,79987 | ,152 | -840,9856 | 80,9356 |
| | 6 | | -41,43750 | 141,79987 | 1,000 | -502,3981 | 419,5231 |
| | 7 | | -206,06250 | 141,79987 | ,768 | -667,0231 | 254,8981 |
| | 5 | | 1 | -331,03750 | 141,79987 | ,274 | -791,9981 |
| | | 2 | 641,20000* | 141,79987 | ,003 | 180,2394 | 1102,1606 |
| | | 3 | -298,75000 | 141,79987 | ,384 | -759,7106 | 162,2106 |
| | | 4 | 380,02500 | 141,79987 | ,152 | -80,9356 | 840,9856 |
| | | 6 | 338,58750 | 141,79987 | ,252 | -122,3731 | 799,5481 |
| | | 7 | 173,96250 | 141,79987 | ,876 | -286,9981 | 634,9231 |
| | | 6 | 1 | -669,62500* | 141,79987 | ,002 | -1130,5856 |
| | 2 | | 302,61250 | 141,79987 | ,370 | -158,3481 | 763,5731 |
| | 3 | | -637,33750* | 141,79987 | ,003 | -1098,2981 | -176,3769 |
| | 4 | | 41,43750 | 141,79987 | 1,000 | -419,5231 | 502,3981 |
| | 5 | | -338,58750 | 141,79987 | ,252 | -799,5481 | 122,3731 |
| | 7 | | -164,62500 | 141,79987 | ,901 | -625,5856 | 296,3356 |
| | 7 | | 1 | -505,00000* | 141,79987 | ,026 | -965,9606 |
| | | 2 | 467,23750* | 141,79987 | ,046 | 6,2769 | 928,1981 |
| | | 3 | -472,71250* | 141,79987 | ,042 | -933,6731 | -11,7519 |
| | | 4 | 206,06250 | 141,79987 | ,768 | -254,8981 | 667,0231 |
| | | 5 | -173,96250 | 141,79987 | ,876 | -634,9231 | 286,9981 |
| | | 6 | 164,62500 | 141,79987 | ,901 | -296,3356 | 625,5856 |

| | | AUDPC | | | |
|------------------------|------|-------------------------------|----------|-----------|-----------|
| | | Untergruppe für Alpha = 0.05. | | | |
| | VGL | N | 1 | 2 | 3 |
| Tukey-HSD ^a | 2 | 4 | 522,7000 | | |
| | 4 | 4 | 783,8750 | 783,8750 | |
| | 6 | 4 | 825,3125 | 825,3125 | |
| | 7 | 4 | | 989,9375 | |
| | 5 | 4 | | 1163,9000 | 1163,9000 |
| | 3 | 4 | | | 1462,6500 |
| | 1 | 4 | | | 1494,9375 |
| | Sig. | | | ,370 | ,152 |

Mittelwerte für Gruppen in homogenen Untergruppen werden angezeigt.

a. Verwendet Stichprobengrößen des harmonischen Mittels = 4,000

Tab. A7: Varianzanalyse der AUDPC* der Befallsbonituren nach Tukey-HSD mit $p \leq 0,05$ und homogene Subsets. Versuchsglied (VGL) / Variante: 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = ASKON[®], 3 = TAEGR[®], 4 = ASKON[®] + TAEGR[®], 5 = FytoSave[®], 6 = ASKON[®] + FytoSave[®], 7 = Kumar[®] + FytoSave[®].

| Mehrere Vergleiche | | | | | | | AUDPC* | | | | |
|----------------------------|---------|---------------------------|-------------|-------|------------------------|------------|--|---|----------|----------|-----------|
| Abhängige Variable: AUDPC* | | | | | | | Tukey-HSD* | | | | |
| Tukey-HSD | | | | | | | Untergruppe für Alpha = 0.05. | | | | |
| (I) VGL | (J) VGL | Mittelwertdifferenz (I-J) | Std.-Fehler | Sig. | 95% Konfidenzintervall | | VGL | N | 1 | 2 | 3 |
| | | | | | Untergrenze | Obergrenze | | | | | |
| 1 | 2 | 605,67500* | 107,03094 | <,001 | 257,7406 | 953,6094 | 2 | 4 | 410,7625 | | |
| | 3 | 31,91250 | 107,03094 | 1,000 | -316,0219 | 379,8469 | 6 | 4 | 509,7500 | 509,7500 | |
| | 4 | 502,18750* | 107,03094 | ,002 | 154,2531 | 850,1219 | 4 | 4 | 514,2500 | 514,2500 | |
| | 5 | 246,66250 | 107,03094 | ,287 | -101,2719 | 594,5969 | 7 | 4 | 556,4375 | 556,4375 | |
| | 6 | 506,68750* | 107,03094 | ,002 | 158,7531 | 854,6219 | 5 | 4 | | 769,7750 | 769,7750 |
| | 7 | 460,00000* | 107,03094 | ,005 | 112,0656 | 807,9344 | 3 | 4 | | | 984,5250 |
| 2 | 1 | -605,67500* | 107,03094 | <,001 | -953,6094 | -257,7406 | 1 | 4 | | | 1016,4375 |
| | 3 | -573,76250* | 107,03094 | <,001 | -921,6969 | -225,8281 | Sig. | | ,815 | ,235 | ,287 |
| | 4 | -103,48750 | 107,03094 | ,956 | -451,4219 | 244,4469 | Mittelwerte für Gruppen in homogenen Untergruppen werden angezeigt | | | | |
| | 5 | -359,01250* | 107,03094 | ,040 | -706,9469 | -11,0781 | a. Verwendet Stichprobengrößen des harmonischen Mittels = 4,000 | | | | |
| | 6 | -98,98750 | 107,03094 | ,964 | -446,9219 | 248,9469 | | | | | |
| | 7 | -145,67500 | 107,03094 | ,815 | -493,6094 | 202,2594 | | | | | |
| 3 | 1 | -31,91250 | 107,03094 | 1,000 | -379,8469 | 316,0219 | | | | | |
| | 2 | 573,76250* | 107,03094 | <,001 | 225,8281 | 921,6969 | | | | | |
| | 4 | 470,27500* | 107,03094 | ,004 | 122,3406 | 818,2094 | | | | | |
| | 5 | 214,75000 | 107,03094 | ,440 | -133,1844 | 562,6844 | | | | | |
| | 6 | 474,77500* | 107,03094 | ,004 | 126,8406 | 822,7094 | | | | | |
| | 7 | 428,08750* | 107,03094 | ,010 | 80,1531 | 776,0219 | | | | | |
| 4 | 1 | -502,18750* | 107,03094 | ,002 | -850,1219 | -154,2531 | | | | | |
| | 2 | 103,48750 | 107,03094 | ,956 | -244,4469 | 451,4219 | | | | | |
| | 3 | -470,27500* | 107,03094 | ,004 | -818,2094 | -122,3406 | | | | | |
| | 5 | -255,52500 | 107,03094 | ,252 | -603,4594 | 92,4094 | | | | | |
| | 6 | 4,50000 | 107,03094 | 1,000 | -343,4344 | 352,4344 | | | | | |
| | 7 | -42,18750 | 107,03094 | 1,000 | -390,1219 | 305,7469 | | | | | |
| 5 | 1 | -246,66250 | 107,03094 | ,287 | -594,5969 | 101,2719 | | | | | |
| | 2 | 359,01250* | 107,03094 | ,040 | 11,0781 | 706,9469 | | | | | |
| | 3 | -214,75000 | 107,03094 | ,440 | -562,6844 | 133,1844 | | | | | |
| | 4 | 255,52500 | 107,03094 | ,252 | -92,4094 | 603,4594 | | | | | |
| | 6 | 260,02500 | 107,03094 | ,235 | -87,9094 | 607,9594 | | | | | |
| | 7 | 213,33750 | 107,03094 | ,447 | -134,5969 | 561,2719 | | | | | |
| 6 | 1 | -506,68750* | 107,03094 | ,002 | -854,6219 | -158,7531 | | | | | |
| | 2 | 98,98750 | 107,03094 | ,964 | -248,9469 | 446,9219 | | | | | |
| | 3 | -474,77500* | 107,03094 | ,004 | -822,7094 | -126,8406 | | | | | |
| | 4 | -4,50000 | 107,03094 | 1,000 | -352,4344 | 343,4344 | | | | | |
| | 5 | -260,02500 | 107,03094 | ,235 | -607,9594 | 87,9094 | | | | | |
| | 7 | -46,68750 | 107,03094 | ,999 | -394,6219 | 301,2469 | | | | | |
| 7 | 1 | -460,00000* | 107,03094 | ,005 | -807,9344 | -112,0656 | | | | | |
| | 2 | 145,67500 | 107,03094 | ,815 | -202,2594 | 493,6094 | | | | | |
| | 3 | -428,08750* | 107,03094 | ,010 | -776,0219 | -80,1531 | | | | | |
| | 4 | 42,18750 | 107,03094 | 1,000 | -305,7469 | 390,1219 | | | | | |
| | 5 | -213,33750 | 107,03094 | ,447 | -561,2719 | 134,5969 | | | | | |
| | 6 | 46,68750 | 107,03094 | ,999 | -301,2469 | 394,6219 | | | | | |

*. Die Mittelwertdifferenz ist in Stufe 0.05 signifikant.

Tab. A8: Erträge von Möhrenlaub und Möhrenwurzel, hochgerechnet auf Tonnen / Hektar, Anteil nicht marktfähige Möhren in % (Stichprobenfläche 0,75 m², Erntedatum 07.10.2022). Varianten: 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = ASKON[®], 3 = TAEGR0[®], 4 = ASKON[®] + TAEGR0[®], 5 = FytoSave[®], 6 = ASKON[®] + FytoSave[®], 7 = Kumar[®] + FytoSave[®].

| Variante / WDH | Laub (t/ha) | Brutto Möhren (t/ha) | Netto (marktfähig) Möhren (t/ha) | Anteil in % nicht marktfähig |
|----------------|-------------|----------------------|----------------------------------|------------------------------|
| 1 A | 27,60 | 88,82 | 76,37 | 14,00 |
| 1 B | 24,40 | 86,69 | 71,06 | 18,00 |
| 1 C | 21,47 | 82,42 | 62,62 | 24,01 |
| 1 D | 20,00 | 75,61 | 58,97 | 22,00 |
| 2 A | 32,80 | 101,21 | 79,95 | 21,00 |
| 2 B | 30,67 | 101,26 | 85,00 | 16,01 |
| 2 C | 27,33 | 81,07 | 61,61 | 24,00 |
| 2 D | 29,60 | 110,39 | 91,63 | 17,00 |
| 3 A | 25,20 | 83,66 | 69,38 | 17,01 |
| 3 B | 25,33 | 90,29 | 72,21 | 20,01 |
| 3 C | 24,40 | 88,8 | 69,26 | 22,00 |
| 3 D | 22,00 | 78,76 | 63,84 | 18,99 |
| 4 A | 33,33 | 109,05 | 87,26 | 20,00 |
| 4 B | 28,00 | 94,94 | 72,15 | 24,00 |
| 4 C | 28,40 | 96,41 | 85,79 | 11,00 |
| 4 D | 26,27 | 93,6 | 79,56 | 15,00 |
| 5 A | 25,07 | 89,01 | 74,82 | 15,99 |
| 5 B | 25,47 | 75,1 | 61,55 | 18,01 |
| 5 C | 26,00 | 80,59 | 64,42 | 20,01 |
| 5 D | 22,80 | 75,66 | 52,15 | 31,02 |
| 6 A | 33,33 | 105,56 | 86,60 | 17,99 |
| 6 B | 30,00 | 97,31 | 74,95 | 22,99 |
| 6 C | 30,53 | 79,77 | 58,99 | 26,01 |
| 6 D | 26,53 | 92,05 | 69,91 | 24,01 |
| 7 A | 28,00 | 97,5 | 76,99 | 21,01 |
| 7 B | 27,47 | 87,31 | 75,11 | 14,00 |
| 7 C | 24,13 | 94,49 | 82,25 | 12,99 |
| 7 D | 24,00 | 88,38 | 77,79 | 12,00 |

Tab. A9: Test der Erträge Möhrenlaub und Möhrenwurzel (Brutto) auf Normalverteilung nach Shapiro-Wilk. Versuchsglied (VGL) / Variante: 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = ASKON[®], 3 = TAEGRO[®], 4 = ASKON[®] + TAEGRO[®], 5 = FytoSave[®], 6 = ASKON[®] + FytoSave[®], 7 = Kumar[®] + FytoSave[®].

| Tests auf Normalverteilung | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------|------|-------------|--------------|----|-------------|--|
| VGL | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | | |
| | Statistik | df | Signifikanz | Statistik | df | Signifikanz | |
| Möhren (t/ha) | 1 | ,215 | 4 | ,941 | 4 | ,660 | |
| | 2 | ,337 | 4 | ,883 | 4 | ,352 | |
| | 3 | ,243 | 4 | ,933 | 4 | ,614 | |
| | 4 | ,365 | 4 | ,775 | 4 | ,064 | |
| | 5 | ,254 | 4 | ,867 | 4 | ,284 | |
| | 6 | ,190 | 4 | ,987 | 4 | ,942 | |
| | 7 | ,266 | 4 | ,899 | 4 | ,427 | |
| Laub (t/ha) | 1 | ,214 | 4 | ,961 | 4 | ,787 | |
| | 2 | ,163 | 4 | ,998 | 4 | ,993 | |
| | 3 | ,293 | 4 | ,821 | 4 | ,145 | |
| | 4 | ,328 | 4 | ,878 | 4 | ,330 | |
| | 5 | ,316 | 4 | ,863 | 4 | ,270 | |
| | 6 | ,236 | 4 | ,970 | 4 | ,843 | |
| | 7 | ,297 | 4 | ,803 | 4 | ,107 | |

a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

Tab. A10: Test der Erträge Möhrenlaub und Möhrenwurzel (Brutto) auf Varianzhomogenität nach Levene.

| Tests der Varianzhomogenität | | | | | |
|------------------------------|---|------------------|-----|--------|------|
| | | Levene-Statistik | df1 | df2 | Sig. |
| Möhren (t/ha) | Basiert auf dem Mittelwert | ,764 | 6 | 21 | ,606 |
| | Basiert auf dem Median | ,355 | 6 | 21 | ,899 |
| | Basierend auf dem Median und mit angepassten df | ,355 | 6 | 10,464 | ,892 |
| | Basiert auf dem getrimmten Mittel | ,701 | 6 | 21 | ,652 |
| Laub (t/ha) | Basiert auf dem Mittelwert | ,792 | 6 | 21 | ,586 |
| | Basiert auf dem Median | ,616 | 6 | 21 | ,715 |
| | Basierend auf dem Median und mit angepassten df | ,616 | 6 | 13,575 | ,714 |
| | Basiert auf dem getrimmten Mittel | ,779 | 6 | 21 | ,596 |

Tab. A11: Test der Erträge Möhrenlaub und Möhrenwurzel (Brutto) auf Gleichheit der Mittelwerte (ANOVA).

| ANOVA | | | | | | |
|---------------|-----------------------|--------------|----|---------------------|-------|------|
| | | Quadratsumme | df | Mittel der Quadrate | F | Sig. |
| Möhren (t/ha) | Zwischen den Gruppen | 1297,677 | 6 | 216,279 | 3,381 | ,017 |
| | Innerhalb der Gruppen | 1343,246 | 21 | 63,964 | | |
| | Gesamt | 2640,922 | 27 | | | |
| Laub (t/ha) | Zwischen den Gruppen | 198,691 | 6 | 33,115 | 5,470 | ,002 |
| | Innerhalb der Gruppen | 127,138 | 21 | 6,054 | | |
| | Gesamt | 325,829 | 27 | | | |

Tab. A12: Erträge Möhrenlaub - Varianzanalyse nach Tukey-HSD mit $p \leq 0,05$. Versuchsglied (VGL) / Variante: 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = ASKON[®], 3 = TAEGRO[®], 4 = ASKON[®] + TAEGRO[®], 5 = FytoSave[®], 6 = ASKON[®] + FytoSave[®], 7 = Kumar[®] + FytoSave[®].

Mehrere Vergleiche

Abhängige Variable: Laub (t/ha)

| | (I) VGL | (J) VGL | Mittelwertdifferenz (I-J) | Std.-Fehler | Sig. | 95% Konfidenzintervall | | |
|-----------|---------|----------|---------------------------|-------------|----------|------------------------|------------|---------|
| | | | | | | Untergrenze | Obergrenze | |
| Tukey-HSD | 1 | 2 | -6,73333* | 1,73985 | ,013 | -12,3892 | -1,0774 | |
| | | 3 | -,86667 | 1,73985 | ,999 | -6,5226 | 4,7892 | |
| | | 4 | -5,63333 | 1,73985 | ,051 | -11,2892 | ,0226 | |
| | | 5 | -1,46667 | 1,73985 | ,977 | -7,1226 | 4,1892 | |
| | | 6 | -6,73333* | 1,73985 | ,013 | -12,3892 | -1,0774 | |
| | | 7 | -2,53333 | 1,73985 | ,766 | -8,1892 | 3,1226 | |
| | | 2 | 1 | 6,73333* | 1,73985 | ,013 | 1,0774 | 12,3892 |
| | | 3 | 5,86667* | 1,73985 | ,039 | ,2108 | 11,5226 | |
| | | 4 | 1,10000 | 1,73985 | ,995 | -4,5559 | 6,7559 | |
| | | 5 | 5,26667 | 1,73985 | ,079 | -,3892 | 10,9226 | |
| | | 6 | ,00000 | 1,73985 | 1,000 | -5,6559 | 5,6559 | |
| | | 7 | 4,20000 | 1,73985 | ,241 | -1,4559 | 9,8559 | |
| | | 3 | 1 | ,86667 | 1,73985 | ,999 | -4,7892 | 6,5226 |
| | | 2 | -5,86667* | 1,73985 | ,039 | -11,5226 | -,2108 | |
| | | 4 | -4,76667 | 1,73985 | ,137 | -10,4226 | ,8892 | |
| | | 5 | -,60000 | 1,73985 | 1,000 | -6,2559 | 5,0559 | |
| | | 6 | -5,86667* | 1,73985 | ,039 | -11,5226 | -,2108 | |
| | | 7 | -1,66667 | 1,73985 | ,958 | -7,3226 | 3,9892 | |
| | | 4 | 1 | 5,63333 | 1,73985 | ,051 | -,0226 | 11,2892 |
| | | 2 | -1,10000 | 1,73985 | ,995 | -6,7559 | 4,5559 | |
| | | 3 | 4,76667 | 1,73985 | ,137 | -,8892 | 10,4226 | |
| | | 5 | 4,16667 | 1,73985 | ,249 | -1,4892 | 9,8226 | |
| | | 6 | -1,10000 | 1,73985 | ,995 | -6,7559 | 4,5559 | |
| | | 7 | 3,10000 | 1,73985 | ,573 | -2,5559 | 8,7559 | |
| | | 5 | 1 | 1,46667 | 1,73985 | ,977 | -4,1892 | 7,1226 |
| | | 2 | -5,26667 | 1,73985 | ,079 | -10,9226 | ,3892 | |
| | | 3 | ,60000 | 1,73985 | 1,000 | -5,0559 | 6,2559 | |
| | | 4 | -4,16667 | 1,73985 | ,249 | -9,8226 | 1,4892 | |
| | 6 | -5,26667 | 1,73985 | ,079 | -10,9226 | ,3892 | | |
| | 7 | -1,06667 | 1,73985 | ,996 | -6,7226 | 4,5892 | | |
| | 6 | 1 | 6,73333* | 1,73985 | ,013 | 1,0774 | 12,3892 | |
| | 2 | ,00000 | 1,73985 | 1,000 | -5,6559 | 5,6559 | | |
| | 3 | 5,86667* | 1,73985 | ,039 | ,2108 | 11,5226 | | |
| | 4 | 1,10000 | 1,73985 | ,995 | -4,5559 | 6,7559 | | |
| | 5 | 5,26667 | 1,73985 | ,079 | -,3892 | 10,9226 | | |
| | 7 | 4,20000 | 1,73985 | ,241 | -1,4559 | 9,8559 | | |
| | 7 | 1 | 2,53333 | 1,73985 | ,766 | -3,1226 | 8,1892 | |
| | 2 | -4,20000 | 1,73985 | ,241 | -9,8559 | 1,4559 | | |
| | 3 | 1,66667 | 1,73985 | ,958 | -3,9892 | 7,3226 | | |
| | 4 | -3,10000 | 1,73985 | ,573 | -8,7559 | 2,5559 | | |
| | 5 | 1,06667 | 1,73985 | ,996 | -4,5892 | 6,7226 | | |
| | 6 | -4,20000 | 1,73985 | ,241 | -9,8559 | 1,4559 | | |

Tab. A13: Erträge Möhrenwurzel (Brutto)- Varianzanalyse nach Tukey-HSD mit $p \leq 0,05$. Versuchsglied (VGL) / Variante: 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = ASKON[®], 3 = TAEGR0[®], 4 = ASKON[®] + TAEGR0[®], 5 = FytoSave[®], 6 = ASKON[®] + FytoSave[®], 7 = Kumar[®] + FytoSave[®].

Mehrere Vergleiche

Abhängige Variable: Möhren (t/ha)

| | (I) VGL | (J) VGL | Mittelwertdifferenz (I-J) | Std.-Fehler | Sig. | 95% Konfidenzintervall | |
|-----------|-----------|------------|---------------------------|-------------|----------|------------------------|------------|
| | | | | | | Untergrenze | Obergrenze |
| Tukey-HSD | 1 | 2 | -15,09750 | 5,65527 | ,155 | -33,4815 | 3,2865 |
| | | 3 | -1,99250 | 5,65527 | 1,000 | -20,3765 | 16,3915 |
| | | 4 | -15,11500 | 5,65527 | ,154 | -33,4990 | 3,2690 |
| | | 5 | 3,29500 | 5,65527 | ,997 | -15,0890 | 21,6790 |
| | | 6 | -10,28750 | 5,65527 | ,551 | -28,6715 | 8,0965 |
| | | 7 | -8,53500 | 5,65527 | ,737 | -26,9190 | 9,8490 |
| | | 2 | 1 | 15,09750 | 5,65527 | ,155 | -3,2865 |
| | 3 | 13,10500 | 5,65527 | ,282 | -5,2790 | 31,4890 | |
| | 4 | -,01750 | 5,65527 | 1,000 | -18,4015 | 18,3665 | |
| | 5 | 18,39250* | 5,65527 | ,050 | ,0085 | 36,7765 | |
| | 6 | 4,81000 | 5,65527 | ,976 | -13,5740 | 23,1940 | |
| | 7 | 6,56250 | 5,65527 | ,901 | -11,8215 | 24,9465 | |
| | 3 | 1 | 1,99250 | 5,65527 | 1,000 | -16,3915 | 20,3765 |
| | 2 | -13,10500 | 5,65527 | ,282 | -31,4890 | 5,2790 | |
| | 4 | -13,12250 | 5,65527 | ,280 | -31,5065 | 5,2615 | |
| | 5 | 5,28750 | 5,65527 | ,962 | -13,0965 | 23,6715 | |
| | 6 | -8,29500 | 5,65527 | ,760 | -26,6790 | 10,0890 | |
| | 7 | -6,54250 | 5,65527 | ,902 | -24,9265 | 11,8415 | |
| | 4 | 1 | 15,11500 | 5,65527 | ,154 | -3,2690 | 33,4990 |
| | 2 | ,01750 | 5,65527 | 1,000 | -18,3665 | 18,4015 | |
| | 3 | 13,12250 | 5,65527 | ,280 | -5,2615 | 31,5065 | |
| | 5 | 18,41000* | 5,65527 | ,050 | ,0260 | 36,7940 | |
| | 6 | 4,82750 | 5,65527 | ,976 | -13,5565 | 23,2115 | |
| | 7 | 6,58000 | 5,65527 | ,900 | -11,8040 | 24,9640 | |
| | 5 | 1 | -3,29500 | 5,65527 | ,997 | -21,6790 | 15,0890 |
| | 2 | -18,39250* | 5,65527 | ,050 | -36,7765 | -,0085 | |
| | 3 | -5,28750 | 5,65527 | ,962 | -23,6715 | 13,0965 | |
| | 4 | -18,41000* | 5,65527 | ,050 | -36,7940 | -,0260 | |
| 6 | -13,58250 | 5,65527 | ,246 | -31,9665 | 4,8015 | | |
| 7 | -11,83000 | 5,65527 | ,392 | -30,2140 | 6,5540 | | |
| 6 | 1 | 10,28750 | 5,65527 | ,551 | -8,0965 | 28,6715 | |
| 2 | -4,81000 | 5,65527 | ,976 | -23,1940 | 13,5740 | | |
| 3 | 8,29500 | 5,65527 | ,760 | -10,0890 | 26,6790 | | |
| 4 | -4,82750 | 5,65527 | ,976 | -23,2115 | 13,5565 | | |
| 5 | 13,58250 | 5,65527 | ,246 | -4,8015 | 31,9665 | | |
| 7 | 1,75250 | 5,65527 | 1,000 | -16,6315 | 20,1365 | | |
| 7 | 1 | 8,53500 | 5,65527 | ,737 | -9,8490 | 26,9190 | |
| 2 | -6,56250 | 5,65527 | ,901 | -24,9465 | 11,8215 | | |
| 3 | 6,54250 | 5,65527 | ,902 | -11,8415 | 24,9265 | | |
| 4 | -6,58000 | 5,65527 | ,900 | -24,9640 | 11,8040 | | |
| 5 | 11,83000 | 5,65527 | ,392 | -6,5540 | 30,2140 | | |
| 6 | -1,75250 | 5,65527 | 1,000 | -20,1365 | 16,6315 | | |

Tab. A14: Erträge Möhrenlaub und Möhrenwurzel (Brutto) - Errechner Mittelwertvergleich nach Tukey-HSD, homogene Subsets. Versuchsglied (VGL) / Variante: 1 = Kontrolle, 2 = AS-KON®, 3 = TAEGRO®, 4 = ASKON® + TAEGRO®, 5 = FytoSave®, 6 = ASKON® + FytoSave®, 7 = Kumar® + FytoSave®.

Laub (t/ha)

Tukey-HSD^a

| VGL | N | Untergruppe für Alpha = 0.05. | |
|------|---|-------------------------------|---------|
| | | 1 | 2 |
| 1 | 4 | 23,3667 | |
| 3 | 4 | 24,2333 | |
| 5 | 4 | 24,8333 | 24,8333 |
| 7 | 4 | 25,9000 | 25,9000 |
| 4 | 4 | 29,0000 | 29,0000 |
| 2 | 4 | | 30,1000 |
| 6 | 4 | | 30,1000 |
| Sig. | | ,051 | ,079 |

Mittelwerte für Gruppen in homogenen Untergruppen werden angezeigt.

a. Verwendet Stichprobengrößen des harmonischen Mittels = 4,000

Möhren (t/ha)

Tukey-HSD^a

| VGL | N | Untergruppe für Alpha = 0.05. | |
|------|---|-------------------------------|---------|
| | | 1 | 2 |
| 5 | 4 | 80,0900 | |
| 1 | 4 | 83,3850 | 83,3850 |
| 3 | 4 | 85,3775 | 85,3775 |
| 7 | 4 | 91,9200 | 91,9200 |
| 6 | 4 | 93,6725 | 93,6725 |
| 2 | 4 | | 98,4825 |
| 4 | 4 | | 98,5000 |
| Sig. | | ,246 | ,154 |

Mittelwerte für Gruppen in homogenen Untergruppen werden angezeigt.

a. Verwendet Stichprobengrößen des harmonischen Mittels = 4,000

Tab. A15: Test der Erträge marktfähige Möhrenwurzeln und Anteil nicht marktfähige auf Normalverteilung nach Shapiro-Wilk. Versuchsglied (VGL) / Variante: 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = ASKON®, 3 = TAEGRO®, 4 = ASKON® + TAEGRO®, 5 = FytoSave®, 6 = ASKON® + FytoSave®, 7 = Kumar® + FytoSave®.

Tests auf Normalverteilung

| VGL | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|-----------------|---------------------------------|----|-------------|--------------|----|-------------|
| | Statistik | df | Signifikanz | Statistik | df | Signifikanz |
| marktfähig t/ha | | | | | | |
| 1 | ,221 | 4 | ,951 | ,724 | 4 | ,724 |
| 2 | ,262 | 4 | ,927 | ,575 | 4 | ,575 |
| 3 | ,317 | 4 | ,907 | ,467 | 4 | ,467 |
| 4 | ,248 | 4 | ,916 | ,514 | 4 | ,514 |
| 5 | ,200 | 4 | ,987 | ,940 | 4 | ,940 |
| 6 | ,169 | 4 | ,996 | ,988 | 4 | ,988 |
| 7 | ,282 | 4 | ,925 | ,565 | 4 | ,565 |

a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

Tests auf Normalverteilung

| VGL | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|----------------------|---------------------------------|----|-------------|--------------|----|-------------|
| | Statistik | df | Signifikanz | Statistik | df | Signifikanz |
| nicht marktf. Anteil | | | | | | |
| 1 | ,213 | 4 | ,963 | ,799 | 4 | ,799 |
| 2 | ,251 | 4 | ,926 | ,570 | 4 | ,570 |
| 3 | ,154 | 4 | ,999 | ,996 | 4 | ,996 |
| 4 | ,170 | 4 | ,983 | ,921 | 4 | ,921 |
| 5 | ,324 | 4 | ,841 | ,199 | 4 | ,199 |
| 6 | ,278 | 4 | ,924 | ,559 | 4 | ,559 |
| 7 | ,347 | 4 | ,807 | ,114 | 4 | ,114 |

a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

Tab. A16: Test der Erträge marktfähige Möhrenwurzeln und Anteil nicht marktfähige auf Varianzhomogenität nach Levene.

Tests der Varianzhomogenität

| marktfähig t/ha | Levene-Statistik | df1 | df2 | Sig. |
|---|------------------|-----|--------|------|
| | | | | |
| Basiert auf dem Median | 1,114 | 6 | 21 | ,388 |
| Basierend auf dem Median und mit angepassten df | 1,114 | 6 | 11,233 | ,413 |
| Basiert auf dem getrimmten Mittel | 1,179 | 6 | 21 | ,355 |

Tests der Varianzhomogenität

| nicht marktf. Anteil | Levene-Statistik | df1 | df2 | Sig. |
|---|------------------|-----|--------|------|
| | | | | |
| Basiert auf dem Median | ,581 | 6 | 21 | ,741 |
| Basierend auf dem Median und mit angepassten df | ,581 | 6 | 10,000 | ,738 |
| Basiert auf dem getrimmten Mittel | 1,020 | 6 | 21 | ,439 |

Tab. A17: Test der Erträge marktfähige Möhrenwurzeln und Anteil nicht marktfähige auf Gleichheit der Mittelwerte (ANOVA).

ANOVA

| marktfähig t/ha | Quadratsumme | df | Mittel der Quadrate | F | Sig. |
|-----------------------|--------------|----|---------------------|-------|------|
| Zwischen den Gruppen | 1130,261 | 6 | 188,377 | 2,556 | ,051 |
| Innerhalb der Gruppen | 1547,447 | 21 | 73,688 | | |
| Gesamt | 2677,708 | 27 | | | |

ANOVA

| nicht marktf. Anteil | Quadratsumme | df | Mittel der Quadrate | F | Sig. |
|-----------------------|--------------|----|---------------------|-------|------|
| Zwischen den Gruppen | 150,511 | 6 | 25,085 | 1,224 | ,333 |
| Innerhalb der Gruppen | 430,237 | 21 | 20,487 | | |
| Gesamt | 580,748 | 27 | | | |

Tab. A18: Test der Einzelbonituren auf Gewicht in g, Durchmesser und Länge in cm, auf Normalverteilung nach Shapiro-Wilk. Versuchsglied (VGL) / Variante: 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = ASKON[®], 3 = TAEGRÖ[®], 4 = ASKON[®] + TAEGRÖ[®], 5 = FytoSave[®], 6 = ASKON[®] + FytoSave[®], 7 = Kumar[®] + FytoSave[®].

| Tests auf Normalverteilung | | | | | | | |
|----------------------------|-----|---------------------------------|-----|-------------|--------------|-----|-------------|
| | VGL | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
| | | Statistik | df | Signifikanz | Statistik | df | Signifikanz |
| Gewicht in g | 1 | ,080 | 100 | ,119 | ,959 | 100 | ,003 |
| | 2 | ,081 | 100 | ,108 | ,971 | 100 | ,026 |
| | 3 | ,115 | 100 | ,002 | ,953 | 100 | ,001 |
| | 4 | ,067 | 100 | ,200* | ,982 | 100 | ,191 |
| | 5 | ,101 | 100 | ,014 | ,958 | 100 | ,003 |
| | 6 | ,091 | 100 | ,040 | ,971 | 100 | ,027 |
| | 7 | ,156 | 100 | <,001 | ,923 | 100 | <,001 |
| Durchmesser in cm | 1 | ,073 | 100 | ,200* | ,981 | 100 | ,173 |
| | 2 | ,106 | 100 | ,007 | ,988 | 100 | ,502 |
| | 3 | ,098 | 100 | ,020 | ,981 | 100 | ,158 |
| | 4 | ,096 | 100 | ,024 | ,969 | 100 | ,019 |
| | 5 | ,081 | 100 | ,100 | ,980 | 100 | ,123 |
| | 6 | ,085 | 100 | ,072 | ,971 | 100 | ,025 |
| | 7 | ,091 | 100 | ,042 | ,981 | 100 | ,146 |
| Länge in cm | 1 | ,085 | 100 | ,072 | ,987 | 100 | ,407 |
| | 2 | ,089 | 100 | ,048 | ,963 | 100 | ,006 |
| | 3 | ,083 | 100 | ,090 | ,979 | 100 | ,114 |
| | 4 | ,084 | 100 | ,081 | ,980 | 100 | ,122 |
| | 5 | ,094 | 100 | ,028 | ,960 | 100 | ,004 |
| | 6 | ,105 | 100 | ,009 | ,940 | 100 | <,001 |
| | 7 | ,046 | 100 | ,200* | ,990 | 100 | ,697 |

*. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

Tab. A19: Test auf Varianzhomogenität für Gewichte in g, Durchmesser und Länge in cm nach Levene.

| Tests der Varianzhomogenität | | | | | |
|------------------------------|---|------------------|-----|---------|------|
| | | Levene-Statistik | df1 | df2 | Sig. |
| Gewicht in g | Basiert auf dem Mittelwert | 3,611 | 6 | 693 | ,002 |
| | Basiert auf dem Median | 3,669 | 6 | 693 | ,001 |
| | Basierend auf dem Median und mit angepassten df | 3,669 | 6 | 676,992 | ,001 |
| | Basiert auf dem getrimmten Mittel | 3,693 | 6 | 693 | ,001 |
| Durchmesser in cm | Basiert auf dem Mittelwert | 1,933 | 6 | 693 | ,073 |
| | Basiert auf dem Median | 1,722 | 6 | 693 | ,113 |
| | Basierend auf dem Median und mit angepassten df | 1,722 | 6 | 670,288 | ,113 |
| | Basiert auf dem getrimmten Mittel | 1,873 | 6 | 693 | ,083 |
| Länge in cm | Basiert auf dem Mittelwert | 3,570 | 6 | 693 | ,002 |
| | Basiert auf dem Median | 3,225 | 6 | 693 | ,004 |
| | Basierend auf dem Median und mit angepassten df | 3,225 | 6 | 644,577 | ,004 |
| | Basiert auf dem getrimmten Mittel | 3,454 | 6 | 693 | ,002 |

Tab. A20: Test auf Gleichheit der Mittelwerte (Welch ANOVA) für Gewichte in g und Länge in cm.**Robuste Testverfahren zur Prüfung auf Gleichheit der Mittelwerte**

| | | Statistik ^a | df1 | df2 | Sig. |
|--------------|-------|------------------------|-----|---------|-------|
| Gewicht in g | Welch | 6,541 | 6 | 307,611 | <,001 |
| Länge in cm | Welch | 4,099 | 6 | 307,417 | <,001 |

a. Asymptotisch F-verteilt

Tab. A21: Test auf Gleichheit der Mittelwerte (ANOVA) für Durchmesser in cm.

ANOVA

Durchmesser in cm

| | Quadratsumme | df | Mittel der Quadrate | F | Sig. |
|-----------------------|--------------|-----|---------------------|-------|-------|
| Zwischen den Gruppen | 11,188 | 6 | 1,865 | 7,311 | <,001 |
| Innerhalb der Gruppen | 176,761 | 693 | ,255 | | |
| Gesamt | 187,950 | 699 | | | |

Tab. A22: Einzelwerte Gewicht in g - Varianzanalyse nach Games-Howell mit $p \leq 0,05$. Versuchsglied (VGL) / Variante: 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = ASKON[®], 3 = TAEGR0[®], 4 = ASKON[®] + TAEGR0[®], 5 = FytoSave[®], 6 = ASKON[®] + FytoSave[®], 7 = Kumar[®] + FytoSave[®].

Mehrere Vergleiche

Abhängige Variable: Gewicht in g

Games-Howell

| (I) VGL | (J) VGL | Mittelwertdifferenz (I-J) | Std.-Fehler | Sig. | 95% Konfidenzintervall | |
|---------|---------|---------------------------|-------------|---------|------------------------|------------|
| | | | | | Untergrenze | Obergrenze |
| 1 | 2 | -22,39910* | 4,95238 | <,001 | -37,1645 | -7,6337 |
| | 3 | -5,98980 | 4,40445 | ,822 | -19,1116 | 7,1320 |
| | 4 | -16,25310* | 4,61498 | ,010 | -30,0054 | -2,5008 |
| | 5 | 3,77510 | 4,37013 | ,977 | -9,2441 | 16,7943 |
| | 6 | -8,17270 | 4,40649 | ,513 | -21,3006 | 4,9552 |
| | 7 | -3,91370 | 4,04303 | ,960 | -15,9580 | 8,1306 |
| | 2 | 1 | 22,39910* | 4,95238 | <,001 | 7,6337 |
| 3 | | 16,40930* | 5,14750 | ,027 | 1,0695 | 31,7491 |
| 4 | | 6,14600 | 5,32875 | ,910 | -9,7300 | 22,0220 |
| 5 | | 26,17420* | 5,11817 | <,001 | 10,9209 | 41,4275 |
| 6 | | 14,22640 | 5,14925 | ,089 | -1,1186 | 29,5714 |
| 7 | | 18,48540* | 4,84187 | ,003 | 4,0438 | 32,9270 |
| 3 | | 1 | 5,98980 | 4,40445 | ,822 | -7,1320 |
| | 2 | -16,40930* | 5,14750 | ,027 | -31,7491 | -1,0695 |
| | 4 | -10,26330 | 4,82376 | ,341 | -24,6338 | 4,1072 |
| | 5 | 9,76490 | 4,59007 | ,341 | -3,9085 | 23,4383 |
| | 6 | -2,18290 | 4,62470 | ,999 | -15,9594 | 11,5936 |
| | 7 | 2,07610 | 4,27981 | ,999 | -10,6767 | 14,8289 |
| | 4 | 1 | 16,25310* | 4,61498 | ,010 | 2,5008 |
| 2 | | -6,14600 | 5,32875 | ,910 | -22,0220 | 9,7300 |
| 3 | | 10,26330 | 4,82376 | ,341 | -4,1072 | 24,6338 |
| 5 | | 20,02820* | 4,79245 | <,001 | 5,7506 | 34,3058 |
| 6 | | 8,08040 | 4,82563 | ,634 | -6,2956 | 22,4564 |
| 7 | | 12,33940 | 4,49617 | ,093 | -1,0626 | 25,7414 |
| 5 | | 1 | -3,77510 | 4,37013 | ,977 | -16,7943 |
| | 2 | -26,17420* | 5,11817 | <,001 | -41,4275 | -10,9209 |
| | 3 | -9,76490 | 4,59007 | ,341 | -23,4383 | 3,9085 |
| | 4 | -20,02820* | 4,79245 | <,001 | -34,3058 | -5,7506 |
| | 6 | -11,94780 | 4,59203 | ,131 | -25,6270 | 1,7314 |
| | 7 | -7,68880 | 4,24448 | ,542 | -20,3358 | 4,9582 |
| | 6 | 1 | 8,17270 | 4,40649 | ,513 | -4,9552 |
| 2 | | -14,22640 | 5,14925 | ,089 | -29,5714 | 1,1186 |
| 3 | | 2,18290 | 4,62470 | ,999 | -11,5936 | 15,9594 |
| 4 | | -8,08040 | 4,82563 | ,634 | -22,4564 | 6,2956 |
| 5 | | 11,94780 | 4,59203 | ,131 | -1,7314 | 25,6270 |
| 7 | | 4,25900 | 4,28191 | ,955 | -8,5001 | 17,0181 |
| 7 | | 1 | 3,91370 | 4,04303 | ,960 | -8,1306 |
| | 2 | -18,48540* | 4,84187 | ,003 | -32,9270 | -4,0438 |
| | 3 | -2,07610 | 4,27981 | ,999 | -14,8289 | 10,6767 |
| | 4 | -12,33940 | 4,49617 | ,093 | -25,7414 | 1,0626 |
| | 5 | 7,68880 | 4,24448 | ,542 | -4,9582 | 20,3358 |
| | 6 | -4,25900 | 4,28191 | ,955 | -17,0181 | 8,5001 |

*. Die Mittelwertdifferenz ist in Stufe 0.05 signifikant.

Tab. A23: Einzelwerte Länge in cm - Varianzanalyse nach Games-Howell mit $p \leq 0,05$. Varianten: 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = ASKON[®], 3 = TAEGR[®], 4 = ASKON[®] + TAEGR[®], 5 = FytoSave[®], 6 = ASKON[®] + FytoSave[®], 7 = Kumar[®] + FytoSave[®].

Mehrere Vergleiche

Abhängige Variable: Länge in cm
Games-Howell

| (I) VGL | (J) VGL | Mittelwertdifferenz (I-J) | Std.-Fehler | Sig. | 95% Konfidenzintervall | |
|---------|---------|---------------------------|-------------|-------|------------------------|------------|
| | | | | | Untergrenze | Obergrenze |
| 1 | 2 | -1,40900* | ,39880 | ,009 | -2,5970 | -,2210 |
| | 3 | -,17200 | ,41628 | 1,000 | -1,4121 | 1,0681 |
| | 4 | -1,02000 | ,41103 | ,172 | -2,2444 | ,2044 |
| | 5 | ,42400 | ,46239 | ,969 | -,9541 | 1,8021 |
| | 6 | -,51600 | ,41597 | ,877 | -1,7552 | ,7232 |
| | 7 | -,62300 | ,36797 | ,622 | -1,7197 | ,4737 |
| 2 | 1 | 1,40900* | ,39880 | ,009 | ,2210 | 2,5970 |
| | 3 | 1,23700* | ,40792 | ,043 | ,0217 | 2,4523 |
| | 4 | ,38900 | ,40256 | ,961 | -,8102 | 1,5882 |
| | 5 | 1,83300* | ,45488 | ,002 | ,4770 | 3,1890 |
| | 6 | ,89300 | ,40761 | ,305 | -,3213 | 2,1073 |
| | 7 | ,78600 | ,35848 | ,304 | -,2823 | 1,8543 |
| 3 | 1 | -,17200 | ,41628 | 1,000 | -1,0681 | 1,4121 |
| | 2 | -1,23700* | ,40792 | ,043 | -2,4523 | -,0217 |
| | 4 | -,84800 | ,41989 | ,406 | -2,0988 | ,4028 |
| | 5 | ,59600 | ,47028 | ,866 | -,8054 | 1,9974 |
| | 6 | -,34400 | ,42473 | ,984 | -1,6092 | ,9212 |
| | 7 | -,45100 | ,37783 | ,896 | -1,5773 | ,6753 |
| 4 | 1 | 1,02000 | ,41103 | ,172 | -,2044 | 2,2444 |
| | 2 | -,38900 | ,40256 | ,961 | -1,5882 | ,8102 |
| | 3 | ,84800 | ,41989 | ,406 | -,4028 | 2,0988 |
| | 5 | 1,44400* | ,46564 | ,035 | ,0563 | 2,8317 |
| | 6 | ,50400 | ,41958 | ,893 | -,7459 | 1,7539 |
| | 7 | ,39700 | ,37204 | ,937 | -,7119 | 1,5059 |
| 5 | 1 | -,42400 | ,46239 | ,969 | -1,8021 | ,9541 |
| | 2 | -1,83300* | ,45488 | ,002 | -3,1890 | -,4770 |
| | 3 | -,59600 | ,47028 | ,866 | -1,9974 | ,8054 |
| | 4 | -1,44400* | ,46564 | ,035 | -2,8317 | -,0563 |
| | 6 | -,94000 | ,47001 | ,418 | -2,3406 | ,4606 |
| | 7 | -1,04700 | ,42810 | ,187 | -2,3247 | ,2307 |
| 6 | 1 | ,51600 | ,41597 | ,877 | -,7232 | 1,7552 |
| | 2 | -,89300 | ,40761 | ,305 | -2,1073 | ,3213 |
| | 3 | ,34400 | ,42473 | ,984 | -,9212 | 1,6092 |
| | 4 | -,50400 | ,41958 | ,893 | -1,7539 | ,7459 |
| | 5 | ,94000 | ,47001 | ,418 | -,4606 | 2,3406 |
| | 7 | -,10700 | ,37749 | 1,000 | -1,2323 | 1,0183 |
| 7 | 1 | ,62300 | ,36797 | ,622 | -,4737 | 1,7197 |
| | 2 | -,78600 | ,35848 | ,304 | -1,8543 | ,2823 |
| | 3 | ,45100 | ,37783 | ,896 | -,6753 | 1,5773 |
| | 4 | -,39700 | ,37204 | ,937 | -1,5059 | ,7119 |
| | 5 | 1,04700 | ,42810 | ,187 | -,2307 | 2,3247 |
| | 6 | ,10700 | ,37749 | 1,000 | -1,0183 | 1,2323 |

*. Die Mittelwertdifferenz ist in Stufe 0.05 signifikant.

Tab. A24: Einzelwerte Durchmesser in cm - Varianzanalyse nach Tukey-HSD mit $p \leq 0,05$ und homogene Subsets nach Tukey-HSD. Varianten: 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = ASKON[®], 3 = TAEGRO[®], 4 = ASKON[®] + TAEGRO[®], 5 = FytoSave[®], 6 = ASKON[®] + FytoSave[®], 7 = Kumar[®] + FytoSave[®].

Mehrere Vergleiche

Abhängige Variable: Durchmesser in cm
Tukey-HSD

| (I) VGL | (J) VGL | Mittelwertdifferenz (I-J) | Std.-Fehler | Sig. | 95% Konfidenzintervall | |
|---------|---------|---------------------------|-------------|-------|------------------------|------------|
| | | | | | Untergrenze | Obergrenze |
| 1 | 2 | -,34000* | ,07142 | <,001 | -,5512 | -,1288 |
| | 3 | -,10700 | ,07142 | ,746 | -,3182 | ,1042 |
| | 4 | -,22800* | ,07142 | ,025 | -,4392 | -,0168 |
| | 5 | ,07000 | ,07142 | ,958 | -,1412 | ,2812 |
| | 6 | -,14400 | ,07142 | ,405 | -,3552 | ,0672 |
| | 7 | -,09600 | ,07142 | ,831 | -,3072 | ,1152 |
| 2 | 1 | ,34000* | ,07142 | <,001 | ,1288 | ,5512 |
| | 3 | ,23300* | ,07142 | ,020 | ,0218 | ,4442 |
| | 4 | ,11200 | ,07142 | ,703 | -,0992 | ,3232 |
| | 5 | ,41000* | ,07142 | <,001 | ,1988 | ,6212 |
| | 6 | ,19600 | ,07142 | ,089 | -,0152 | ,4072 |
| | 7 | ,24400* | ,07142 | ,012 | ,0328 | ,4552 |
| 3 | 1 | ,10700 | ,07142 | ,746 | -,1042 | ,3182 |
| | 2 | -,23300* | ,07142 | ,020 | -,4442 | -,0218 |
| | 4 | -,12100 | ,07142 | ,620 | -,3322 | ,0902 |
| | 5 | ,17700 | ,07142 | ,169 | -,0342 | ,3882 |
| | 6 | -,03700 | ,07142 | ,999 | -,2482 | ,1742 |
| | 7 | ,01100 | ,07142 | 1,000 | -,2002 | ,2222 |
| 4 | 1 | ,22800* | ,07142 | ,025 | ,0168 | ,4392 |
| | 2 | -,11200 | ,07142 | ,703 | -,3232 | ,0992 |
| | 3 | ,12100 | ,07142 | ,620 | -,0902 | ,3322 |
| | 5 | ,29800* | ,07142 | <,001 | ,0868 | ,5092 |
| | 6 | ,08400 | ,07142 | ,903 | -,1272 | ,2952 |
| | 7 | ,13200 | ,07142 | ,516 | -,0792 | ,3432 |
| 5 | 1 | -,07000 | ,07142 | ,958 | -,2812 | ,1412 |
| | 2 | -,41000* | ,07142 | <,001 | -,6212 | -,1988 |
| | 3 | -,17700 | ,07142 | ,169 | -,3882 | ,0342 |
| | 4 | -,29800* | ,07142 | <,001 | -,5092 | -,0868 |
| | 6 | -,21400* | ,07142 | ,045 | -,4252 | -,0028 |
| | 7 | -,16600 | ,07142 | ,234 | -,3772 | ,0452 |
| 6 | 1 | ,14400 | ,07142 | ,405 | -,0672 | ,3552 |
| | 2 | -,19600 | ,07142 | ,089 | -,4072 | ,0152 |
| | 3 | ,03700 | ,07142 | ,999 | -,1742 | ,2482 |
| | 4 | -,08400 | ,07142 | ,903 | -,2952 | ,1272 |
| | 5 | ,21400* | ,07142 | ,045 | ,0028 | ,4252 |
| | 7 | ,04800 | ,07142 | ,994 | -,1632 | ,2592 |
| 7 | 1 | ,09600 | ,07142 | ,831 | -,1152 | ,3072 |
| | 2 | -,24400* | ,07142 | ,012 | -,4552 | -,0328 |
| | 3 | -,01100 | ,07142 | 1,000 | -,2222 | ,2002 |
| | 4 | -,13200 | ,07142 | ,516 | -,3432 | ,0792 |
| | 5 | ,16600 | ,07142 | ,234 | -,0452 | ,3772 |
| | 6 | -,04800 | ,07142 | ,994 | -,2592 | ,1632 |

*. Die Mittelwertdifferenz ist in Stufe 0.05 signifikant.

Durchmesser in cm

Tukey-HSD^a

| VGL | N | Untergruppe für Alpha = 0.05. | | | |
|------|-----|-------------------------------|--------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 5 | 100 | 2,2400 | | | |
| 1 | 100 | 2,3100 | 2,3100 | | |
| 7 | 100 | 2,4060 | 2,4060 | 2,4060 | |
| 3 | 100 | 2,4170 | 2,4170 | 2,4170 | |
| 6 | 100 | | 2,4540 | 2,4540 | 2,4540 |
| 4 | 100 | | | 2,5380 | 2,5380 |
| 2 | 100 | | | | 2,6500 |
| Sig. | | ,169 | ,405 | ,516 | ,089 |

Mittelwerte für Gruppen in homogenen Untergruppen werden angezeigt.

a. Verwendet Stichprobengrößen des harmonischen Mittels = 100,000

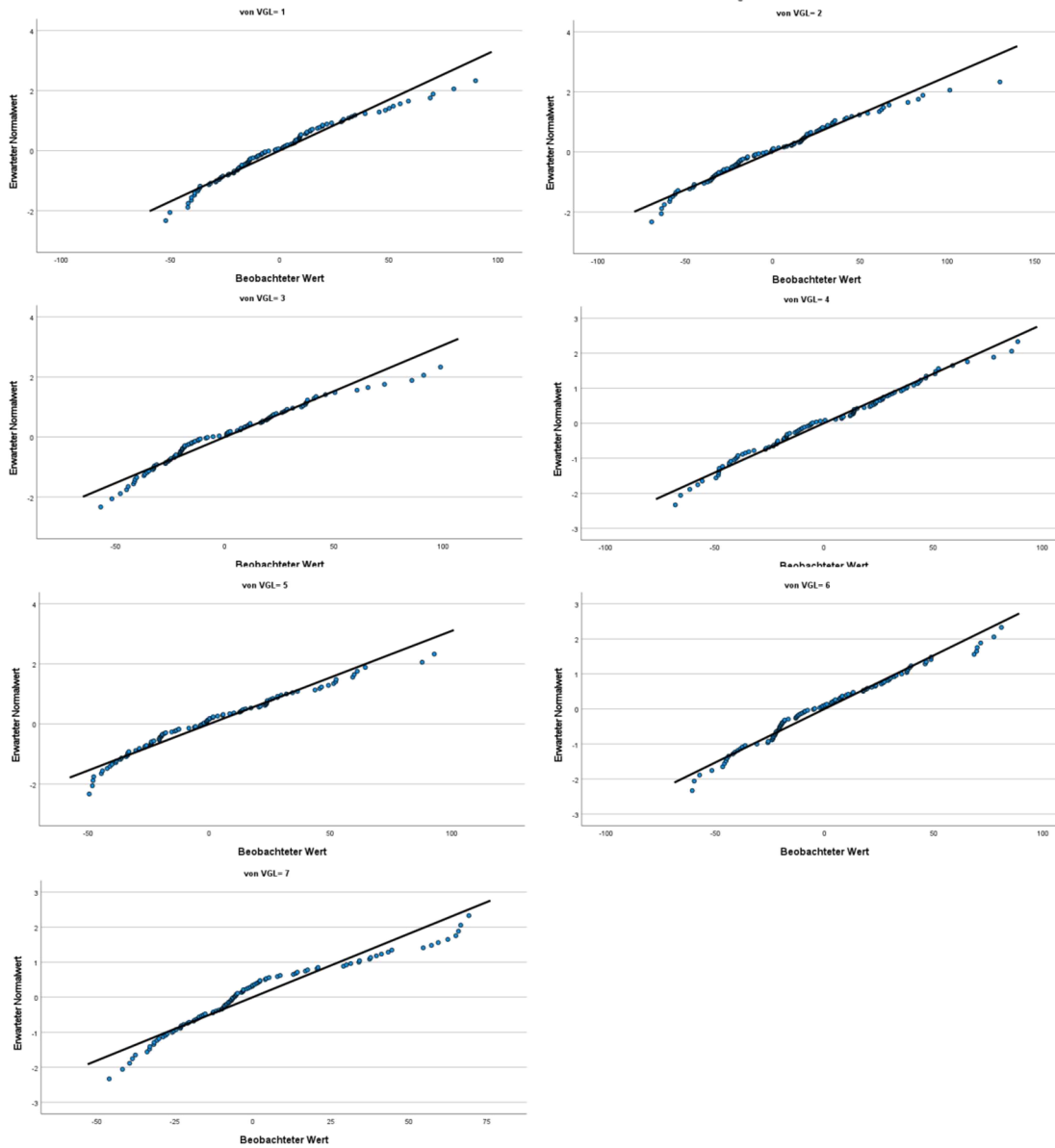


Abb. A1 Q-Q-Diagramme Gewichte Möhrenwurzel. Varianten: 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = ASKON[®], 3 = TAEGR0[®], 4 = ASKON[®] + TAEGR0[®], 5 = FytoSave, 6 = ASKON[®] + FytoSave[®], 7 = Kumar[®] + FytoSave[®].

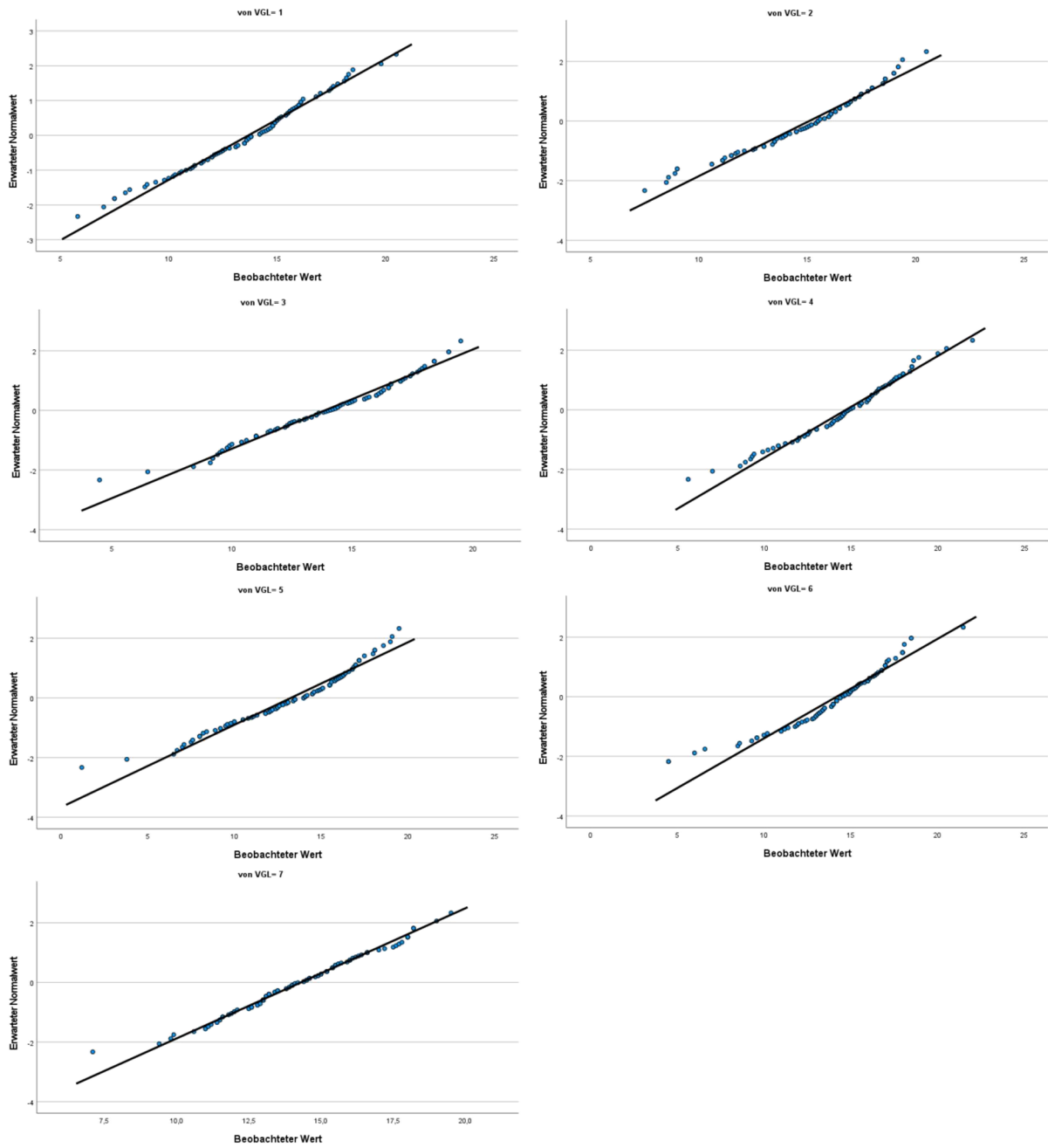


Abb. A2 Q-Q-Diagramme Länge Möhrenwurzel. Varianten: 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = AS-KON[®], 3 = TAEGR0[®], 4 = ASKON[®] + TAEGR0[®], 5 = FytoSave[®], 6 = ASKON[®] + FytoSave[®], 7 = Kumar[®] + FytoSave[®].

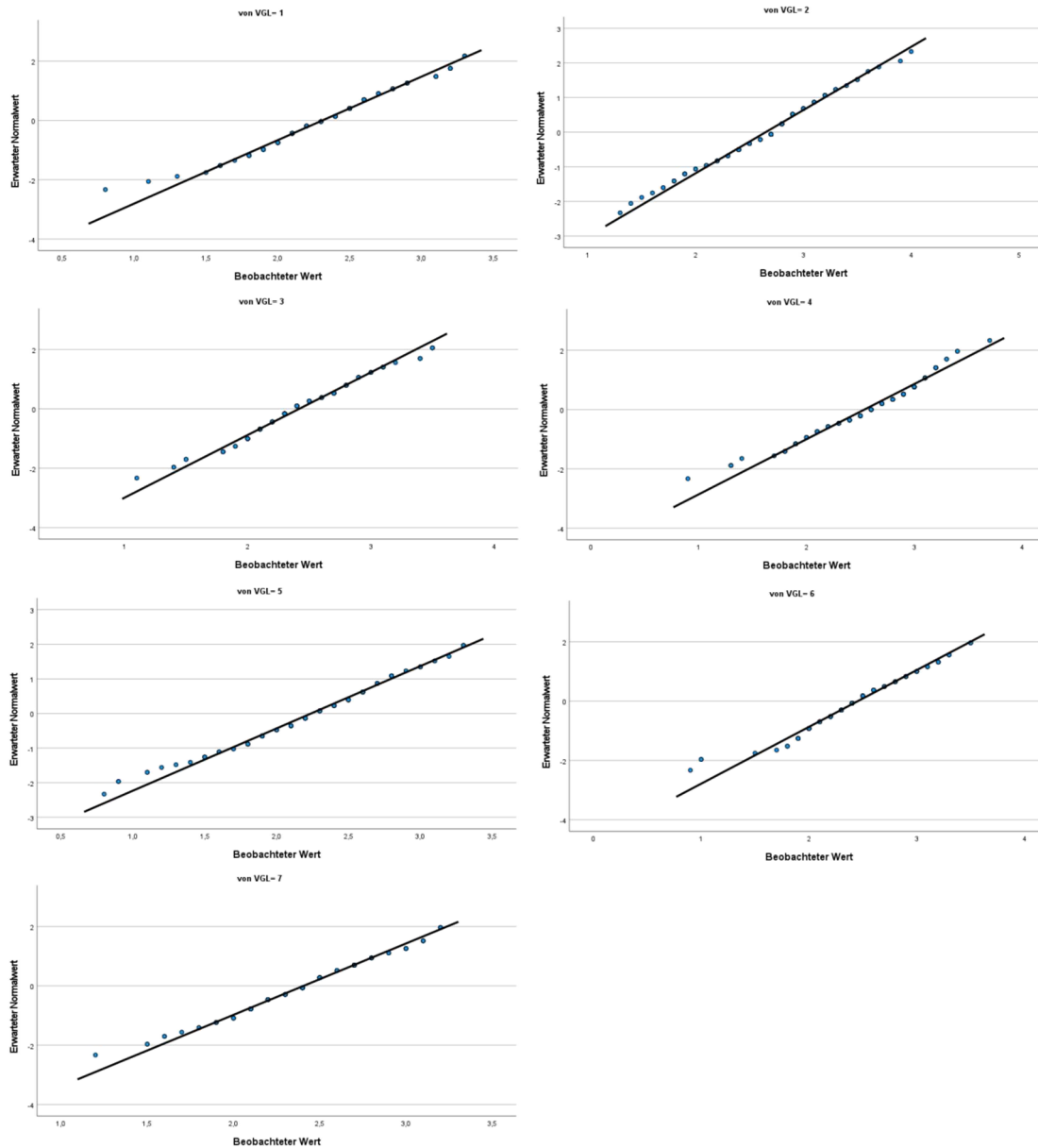


Abb. A3 Q-Q-Diagramme Durchmesser Möhrenwurzel. Varianten: 1 = unbehandelte Kontrolle, 2 = ASKON[®], 3 = TAEGRO[®], 4 = ASKON[®] + TAEGRO[®], 5 = FytoSave, 6 = ASKON[®] + FytoSave[®], 7 = Kumar[®] + FytoSave[®].

Tab. A25: Kruskal-Wallis Test über die Mittelwerte der nach Durchmesser gruppierten Gesamt-ernteprobe (Anzahl).

| Teststatistiken ^{a,b} | | | | |
|--------------------------------|--------|------------|--------------|----------|
| | < 2 cm | 2 - 3,5 cm | 3,5 - 4,5 cm | > 4,5 cm |
| Kruskal-Wallis-H | 11,740 | 3,163 | 6,391 | ,000 |
| df | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Asymp. Sig. | ,068 | ,788 | ,381 | 1,000 |

a. Kruskal-Wallis-Test

b. Gruppenvariable: VGL

Tab. A26: Wetterdaten über den Versuchszeitraum aus piaf.expert (Wetterstation Grevembroich)

| Datum | Temp.Max. | Temp.Min. | Sonne (h) | Niederschlag | Luftfeuchte (%) 2m | Wind Quer (m/s) |
|------------|-----------|-----------|-----------|--------------|-----------------------|-----------------|
| 01.07.2022 | 21,2 | 11,2 | 9 | 0 | 40 | 3,8 |
| 02.07.2022 | 26,2 | 9,4 | 16 | 0,1 | 28 | 2,8 |

| | | | | | | |
|------------|------|------|----|------|----|-----|
| 03.07.2022 | 24,6 | 11,2 | 15 | 0 | 42 | 3,4 |
| 04.07.2022 | 24,4 | 10,4 | 14 | 0 | 33 | 2,5 |
| 05.07.2022 | 23,6 | 10,6 | 10 | 0 | 36 | 3,2 |
| 06.07.2022 | 23 | 10,1 | 9 | 0,1 | 27 | 3,8 |
| 07.07.2022 | 20,3 | 14,8 | 4 | 1,1 | 58 | 6 |
| 08.07.2022 | 24,2 | 13,5 | 12 | 0 | 51 | 3,1 |
| 09.07.2022 | 24,1 | 11,7 | 10 | 0,4 | 48 | 3,9 |
| 10.07.2022 | 20 | 12 | 2 | 0,1 | 56 | 3,9 |
| 11.07.2022 | 22,2 | 13 | 4 | 0 | 51 | 2,4 |
| 12.07.2022 | 28,4 | 10,8 | 12 | 0,1 | 36 | 1,3 |
| 13.07.2022 | 29,1 | 17,2 | 5 | 1,6 | 37 | 3,8 |
| 14.07.2022 | 24,6 | 14,6 | 12 | 0,6 | 34 | 3,7 |
| 15.07.2022 | 22,2 | 12 | 10 | 0 | 40 | 2,7 |
| 16.07.2022 | 23,4 | 11,3 | 12 | 0 | 36 | 3,4 |
| 17.07.2022 | 27,1 | 8,9 | 16 | 0 | 32 | 1,9 |
| 18.07.2022 | 34,5 | 11,8 | 16 | 0 | 21 | 2,1 |
| 19.07.2022 | 37,4 | 15,8 | 16 | 0 | 16 | 3,6 |
| 20.07.2022 | 30,3 | 17,7 | 9 | 5,6 | 33 | 3,9 |
| 21.07.2022 | 20,9 | 16,1 | 1 | 6,6 | 74 | 4,5 |
| 22.07.2022 | 22,6 | 14,5 | 4 | 5,4 | 53 | 2,1 |
| 23.07.2022 | 25,6 | 13,3 | 14 | 0 | 44 | 1,9 |
| 24.07.2022 | 31,8 | 14,4 | 15 | 0 | 41 | 2,2 |
| 25.07.2022 | 27,2 | 16 | 6 | 0 | 45 | 4,4 |
| 26.07.2022 | 22 | 14,8 | 4 | 0,4 | 62 | 4,2 |
| 27.07.2022 | 21,9 | 10,3 | 9 | 0 | 43 | 2,8 |
| 28.07.2022 | 24,9 | 11,4 | 10 | 0 | 31 | 3,3 |
| 29.07.2022 | 25,3 | 14,3 | 8 | 4,3 | 38 | 2,5 |
| 30.07.2022 | 25,6 | 14,1 | 11 | 0 | 39 | 3,1 |
| 31.07.2022 | 26,2 | 17,1 | 2 | 1,1 | 53 | 4 |
| 01.08.2022 | 25,3 | 13,3 | 6 | 0 | 42 | 3 |
| 02.08.2022 | 29 | 11,8 | 14 | 0 | 37 | 3,3 |
| 03.08.2022 | 32,7 | 15,9 | 15 | 0 | 35 | 2,3 |
| 04.08.2022 | 32 | 17,8 | 9 | 1,5 | 43 | 3,4 |
| 05.08.2022 | 22,8 | 12,5 | 4 | 3,8 | 57 | 4 |
| 06.08.2022 | 22,1 | 8,3 | 12 | 0 | 34 | 2,7 |
| 07.08.2022 | 25,3 | 9,3 | 15 | 0 | 33 | 2,6 |
| 08.08.2022 | 25,6 | 12,1 | 15 | 0 | 37 | 3,6 |
| 09.08.2022 | 28,6 | 13,9 | 15 | 0 | 32 | 3,8 |
| 10.08.2022 | 30,9 | 15,4 | 15 | 0 | 25 | 3,1 |
| 11.08.2022 | 31,5 | 14,2 | 15 | 0 | 20 | 2,7 |
| 12.08.2022 | 32,1 | 14,3 | 15 | 0 | 20 | 3,1 |
| 13.08.2022 | 32,3 | 13,2 | 15 | 0 | 22 | 2,6 |
| 14.08.2022 | 32,3 | 15,6 | 12 | 0 | 24 | 3,3 |
| 15.08.2022 | 25,6 | 17,6 | 2 | 2,5 | 51 | 3,1 |
| 16.08.2022 | 29,4 | 15,5 | 10 | 0 | 35 | 1,9 |
| 17.08.2022 | 24,5 | 16,2 | 4 | 0,6 | 60 | 2 |
| 18.08.2022 | 26,9 | 15,1 | 3 | 0 | 46 | 2,2 |
| 19.08.2022 | 26,3 | 14,3 | 10 | 3 | 46 | 3,2 |
| 20.08.2022 | 24,2 | 13,3 | 7 | 5,3 | 40 | 3 |
| 21.08.2022 | 25,1 | 12,3 | 13 | 0 | 42 | 2,6 |
| 22.08.2022 | 27,5 | 13,3 | 7 | 0 | 37 | 1,7 |
| 23.08.2022 | 29,1 | 13,7 | 13 | 0 | 39 | 1,6 |
| 24.08.2022 | 32,3 | 14,8 | 14 | 0 | 27 | 1,5 |
| 25.08.2022 | 32,9 | 16,4 | 14 | 0 | 25 | 2,8 |
| 26.08.2022 | 23,1 | 18,6 | 1 | 0,6 | 62 | 4,2 |
| 27.08.2022 | 21,2 | 16,8 | 0 | 0,2 | 53 | 3,2 |
| 28.08.2022 | 23,3 | 14,2 | 12 | 0 | 36 | 3,9 |
| 29.08.2022 | 23,4 | 10,4 | 10 | 0 | 35 | 2,1 |
| 30.08.2022 | 26,1 | 16,7 | 10 | 1,9 | 38 | 3,5 |
| 31.08.2022 | 25 | 15,1 | 8 | 3,4 | 40 | 3,6 |
| 01.09.2022 | 25,2 | 11,6 | 12 | 0 | 34 | 2,7 |
| 02.09.2022 | 26,4 | 12,9 | 12 | 0 | 27 | 3,9 |
| 03.09.2022 | 25,7 | 12,4 | 12 | 0 | 37 | 3,2 |
| 04.09.2022 | 27,8 | 13,2 | 11 | 0 | 35 | 1,8 |
| 05.09.2022 | 29,7 | 13,6 | 10 | 0,6 | 26 | 2,7 |
| 06.09.2022 | 30,4 | 16,6 | 12 | 20,1 | 27 | 2,4 |
| 07.09.2022 | 25 | 15,8 | 8 | 6,6 | 41 | 2,5 |
| 08.09.2022 | 21,7 | 13,7 | 7 | 13,9 | 43 | 3,4 |
| 09.09.2022 | 19,5 | 14,1 | 5 | 5,4 | 69 | 4,6 |

Anhang

| | | | | | | |
|------------|------|------|----|------|----|-----|
| 10.09.2022 | 18,1 | 14,3 | 0 | 16,3 | 82 | 4,5 |
| 11.09.2022 | 20,8 | 10,2 | 6 | 0 | 56 | 1,8 |
| 12.09.2022 | 25,1 | 10,9 | 11 | 0 | 44 | 2,6 |
| 13.09.2022 | 25 | 15,3 | 6 | 7,3 | 58 | 2 |
| 14.09.2022 | 17,1 | 12,6 | 0 | 16,4 | 97 | 2,6 |
| 15.09.2022 | 18 | 11,1 | 3 | 0,1 | 56 | 3,5 |
| 16.09.2022 | 15,3 | 9,8 | 7 | 3,1 | 55 | 5 |
| 17.09.2022 | 15,1 | 9,6 | 8 | 3,6 | 59 | 5,9 |
| 18.09.2022 | 12,8 | 8,8 | 0 | 38,8 | 88 | 5,8 |
| 19.09.2022 | 15,8 | 8,7 | 5 | 2,5 | 59 | 4,5 |
| 20.09.2022 | 15,9 | 6,6 | 7 | 0,1 | 59 | 2,7 |
| 21.09.2022 | 17,8 | 4,6 | 11 | 0 | 50 | 1,5 |
| 22.09.2022 | 18,4 | 4,1 | 12 | 0 | 43 | 2,3 |
| 23.09.2022 | 18 | 7,1 | 4 | 0,1 | 49 | 2 |
| 24.09.2022 | 17,1 | 12 | 1 | 0,6 | 73 | 1,8 |
| 25.09.2022 | 17 | 7 | 10 | 0 | 48 | 3 |
| 26.09.2022 | 13,9 | 9,1 | 0 | 11,8 | 75 | 5,2 |
| 27.09.2022 | 11,4 | 7,6 | 1 | 9,8 | 72 | 4,9 |
| 28.09.2022 | 13,2 | 6,4 | 4 | 2 | 55 | 3,7 |
| 29.09.2022 | 15,7 | 3,3 | 9 | 0 | 48 | 1,5 |
| 30.09.2022 | 17 | 3 | 11 | 0,4 | 45 | 3,3 |
| 01.10.2022 | 17,5 | 11 | 6 | 10,8 | 71 | 6,1 |
| 02.10.2022 | 17,4 | 7,8 | 4 | 0,6 | 69 | 4 |
| 03.10.2022 | 16,8 | 6,2 | 8 | 0 | 58 | 1,8 |
| 04.10.2022 | 19,7 | 7,2 | 10 | 0 | 57 | 2,5 |
| 05.10.2022 | 21,9 | 10,2 | 6 | 0,8 | 58 | 5,1 |
| 06.10.2022 | 17,2 | 6,7 | 11 | 0 | 50 | 3,8 |
| 07.10.2022 | 18 | 5,2 | 11 | 0 | 53 | 3,2 |

Selbstständigkeitserklärung

Erklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst, in gleicher oder ähnlicher Fassung noch nicht in einem anderen Studiengang als Prüfungsleistung vorgelegt und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel und Quellen (einschließlich der angegebenen oder beschriebenen Software) benutzt habe.

Bernburg, den 08.01.2023



(Susanne Neumann)