



# Evaluation und Systematisierung von innovativen Bekämpfungsstrategien der Gelben Welke in Kooperation von Hochschule, Saatgutzüchtern und landwirtschaftlichen Betrieben des Gemüsebaus (GeWeKom)

Abschlussbericht

Yvonne Rondot und Prof. Dr. Jana Zinkernagel

5. Oktober 2019



Europäischer Landwirtschaftsfonds für  
die Entwicklung des ländlichen Raums:  
Hier investiert Europa  
in die ländlichen Gebiete.



Hessen nimmt an der  
Europäischen Innovations-  
partnerschaft (EIP) teil.





## **Impressum**

### **Hauptverantwortlicher der OG**

Hochschule Geisenheim  
Von-Lade-Str. 1  
65366 Geisenheim  
Ansprechpartnerin: Prof. Dr. Jana Zinkernagel  
Tel.: 06722/502-511  
E-Mail: [Jana.zinkernagel@hs-gm.de](mailto:Jana.zinkernagel@hs-gm.de)

### **Für die Förderung zuständige ELER-Verwaltungsbehörde:**

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz,  
Landwirtschaft und Verbraucherschutz  
- ELER-Verwaltungsbehörde -  
Referat VII 6  
Mainzer Straße 80  
65189 Wiesbaden  
E-Mail: [eler@umwelt.hessen.de](mailto:eler@umwelt.hessen.de)  
Internet: [www.eler.hessen.de](http://www.eler.hessen.de)

### **Bildnachweise:**

**Alle Bildrechte liegen bei der Hochschule Geisenheim University**

## Inhalt

1	Vorhabenplanung.....	1
1.1	Erläuterung der Situation zu Vorhabenbeginn.....	1
1.2	Aufgabenstellung und Zielformulierung des Vorhabens.....	1
1.3	Arbeitsplan .....	2
2	Verlauf des Vorhabens .....	6
3	Ergebnisse und Zielerreichung .....	9
3.1	Haupt- und Nebenergebnisse des Vorhabens.....	9
3.1.1	Erhebung der Situation bei Feldsalat anbauenden Betrieben .....	9
3.1.2	Bekämpfungsstrategie Solarisation.....	10
3.1.3	Bekämpfungsstrategie Belichtung/Jungpflanzenbelichtung.....	17
3.1.4	Bekämpfungsstrategie Dämpfung.....	19
3.1.5	Ursachenfindung .....	21
3.2	Beitrag der Ergebnisse zu den förderpolitischen Zielen.....	31
3.3	Erreichung der Ziele des Vorhabens.....	31
4	Ergebnisverwertung, Kommunikation und Verstetigung.....	32
4.1	Nutzen der Ergebnisse für die Praxis.....	32
4.2	Verwertung/Verbreitung und Nutzung der Ergebnisse .....	32
4.3	Wirtschaftliche und wissenschaftliche Anschlussfähigkeit .....	34
5	Zusammenarbeit in der Operationellen Gruppe (OG) .....	34
5.1	Gestaltung der Zusammenarbeit.....	34
5.1.1	Mitgliederliste .....	34
5.1.2	Kompetenzen der Mitglieder .....	37
5.1.3	Zusammenarbeit: .....	38
5.2	Mehrwert des Formats einer OG .....	39
5.3	Weitere Zusammenarbeit .....	39
6	Verwendung der Zuwendung.....	39
7	Schlussfolgerungen und Ausblick .....	40
8	Literaturverzeichnis.....	41

## Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Mit dem Antrag eingereichter Zeitplan für GeWeKom .....	6
Abbildung 2: Umgesetzter Zeitplan von GeWeKom.....	6
Abbildung 3: Bodentemperatur in 10 cm Tiefe (Tagesmaxima) ohne Solarisierung (Var. 1) und mit Solarisierung ab Anfang Juli (Var. 2) oder ab Mitte August (Var. 3) vor einer Feldsalatkultur im Jahr 2016.....	12
Abbildung 4: Einfluss der Solarisierung auf die zeitliche Entwicklung der Symptomausprägung Gelbe Welke an Feldsalat (A,B: Mediane, Kruskal-Wallis-Test und Bonferroni-Test; $\alpha \leq 0,05$ ).....	12
Abbildung 5: Bodentemperatur in 10 cm Tiefe (Tagesmaxima) ohne Solarisierung (Var. 1) und mit Solarisierung 30.6.-16.10.2017 (Var. 2) oder 30.6.-25.8.2017 (Var. 3) vor einer Feldsalat-Kultur im Jahr 2017.....	13
Abbildung 6: Einfluss der Solarisierung auf die zeitliche Entwicklung der Symptomausprägung der Gelben Welke an Feldsalat (Varianten mit unterschiedlichen Buchstaben sind statistisch unterscheidbar, Kruskal-Wallis-Test und Bonferroni-Test; $\alpha \leq 0,05$ ) .....	14
Abbildung 7: Bodentemperatur in 10 cm Tiefe (Tagesmaxima) ohne Solarisierung (Var. 1) und mit Solarisierung 29.5. - 17.10.2018 (Var. 2) oder 29.5. - 3.7.2018 (Var. 3) vor einer Feldsalat-Kultur im Jahr 2018	15
Abbildung 8: Anzahl Tage mit einer Überschreitung der Bodentemperatur in 10 cm Tiefe (Tagesmaxima) ohne Solarisierung (Var. 1) und mit Solarisierung von 29.5. - 17.10.2018 (Var. 2) oder 29.5. - 3.7.2018 (Var. 3) vor einer Feldsalat-Kultur.....	15
Abbildung 9: Einfluss der Solarisierung auf die zeitliche Entwicklung der Symptomausprägung der Gelben Welke an Feldsalat (Varianten mit unterschiedlichen Buchstaben sind statistisch unterscheidbar, a,b: F-Test und Tukey-Test; A,B: Kruskal-Wallis- und Bonferoni-Test; $\alpha \leq 0,05$ ).....	16
Abbildung 10: Parzellenverteilung des Belichtungsversuchs im Folienschiff des Betriebs Gemüsering Südhessen (Edel) mit je vier unbelichteten Parzellen (1 a-d) und vier Parzellen, die mit zwei SON-K-SOD Leuchten belichtet wurden (2 a-d); Lageskizze im Betrieb sowie Detail der Ernteparzellen.....	18
Abbildung 11: Einfluss einer Belichtung von Feldsalatbeständen auf die zeitliche Entwicklung der Symptomausprägung der Gelben Welke an Feldsalat (Varianten mit unterschiedlichen Buchstaben sind statistisch unterscheidbar, Kruskal-Wallis-Test und Bonferroni-Test; $\alpha \leq 0,10$ ).....	19
Abbildung 12: Einfluss der Bodendämpfung auf die zeitliche Entwicklung der Symptomausprägung von Gelbe Welke an Feldsalat mit Var. 1: unbehandelte Kontrolle und Var. 2: Dämpfung; (Varianten mit unterschiedlichen Buchstaben sind statistisch unterscheidbar, Kruskal-Wallis-Test; $\alpha \leq 0,05$ ) ....	20
Abbildung 13: Flächenmäßige Verteilung des Symptoms der Gelben Welke an Feldsalat im Laufe der Pflanzenentwicklung (Var. 1: unbehandelte Kontrolle, Var. 2: mit Dämpfung; Pflanzenentnahme, symptomfrei, Gelbe Welke) .....	21
Abbildung 14: Relatives Vorkommen von Pilzen in den einzelnen Bodenproben des Versuchsjahres 2017 auf der Gattungs-Ebene. ....	24

Abbildung 15: Alpha-Diversitäts-Index nach Chao der pilzlichen Gemeinschaft für die beiden Varianten Kontrolle und Solarisation im Versuchsjahr 2017. ....	25
Abbildung 16: Beta-Diversitäts-Profil mittels Bray-Curtis Index der pilzlichen Gemeinschaft für die Bodenproben der beiden Varianten Kontrolle und Solarisation im Versuchsjahr 2017.....	25
Abbildung 17: Relatives Vorkommen von Pilzen in den gesunden (solarization) und symptomatischen (control) Pflanzenproben des Versuchsjahres 2018 auf der Art-Ebene.....	26
Abbildung 18: Relatives Vorkommen von Pilzen in Rhizosphärenproben von kranken (wiltet) und gesunden (healthy) Pflanzen auf solarisierten Flächen des Versuchsjahres 2018 auf der Art-Ebene..	27
Abbildung 19: Biomarker-Analyse mittels LEfSe (Linear discriminant analysis Effect Size).....	28
Abbildung 20: Relatives Vorkommen von Bakterien in den einzelnen Bodenproben auf Phylum-Ebene .....	29
Abbildung 21: PCA (Principal component analysis) aller Bodenproben aus dem Versuchsjahr 2017 basierend auf ihrem Metabolitprofil.....	30
Tabelle 1: Solarisationsvarianten in den einzelnen Versuchsjahren 2016, 2017 und 2018.....	11
Tabelle 2: Versuchsbedingungen und -umsetzung der Solarisationsversuche im Gewächshaus Gb3 in Geisenheim.....	11
Tabelle 3: Übersicht über die Versuchsbedingungen des Belichtungsversuchs bei Feldsalatpflanzen in Lampertheim (Betrieb Edel) .....	17
Tabelle 4: Zuordnung der Probenbezeichnungen und der Probenparameter bei der Metagenom- und Metabolomanalyse 2017.....	23
Tabelle 5: Zuordnung der Probenbezeichnungen und der Probenparameter bei der Metagenomanalyse 2018.....	23

## Zusammenfassung / Abstract

Seit einigen Jahren stellt das Auftreten der „Gelben Welke“ an Feldsalat in Europa ein großes Problem dar, das für die betroffenen Betriebe existenzbedrohende Ausmaße annimmt. Die Symptomatik tritt vorzugsweise im Unterglas-Anbau auf. In bereits durchgeführten Untersuchungen konnten viele abiotische Faktoren (z.B. Erdpresstopffestigkeit, Wasserversorgung, Salzstress oder Einflüsse der Vorfrucht) sowie Nematoden, bodenbürtige pilzliche Pathogene und Viren als Auslöser der Symptomatik ausgeschlossen werden. Obwohl im Zuge dieser bisheriger Forschungsarbeiten zweifelsfrei nachgewiesen wurde, dass die Gelbe Welke eine biotische, mit dem Boden übertragbare Ursache hat, konnte diese bislang noch nicht identifiziert werden. Auch Tests mit zahlreichen Präparaten und Bodenzusatzstoffen führte noch zu keiner erfolgreichen Bekämpfungsstrategie.

Vor diesem Hintergrund wurde aus Mitgliedern aus Wissenschaft, Züchtung, Beratung und der gemüsebaulichen Praxis eine Operationelle Gruppe gebildet. Das Ziel dieser Zusammenarbeit ist es, eine innovative Lösung des Problems Gelbe Welke an Feldsalat unter Umgehung des chemischen Pflanzenschutzes herbeizuführen und für die Zukunft eine Kommunikationsplattform für den Umgang mit der Gelben Welke zu schaffen. Das Innovationsvorhaben gliedert sich zum einen in die Klärung der Ursache und zum anderen in die Entwicklung von Bekämpfungsstrategien. Einen sehr erfolgversprechenden Ansatz stellt eine thermische Behandlung des Bodens in Form einer Solarisation dar. Mehrwöchiges Abdecken von Gewächshausboden mit lichtdurchlässigen Polyethylenfolien (Solarisation) führt zu einer Erhöhung der Bodentemperatur unter der Folie, wodurch im Boden ansässige Schaderreger abgetötet oder gehemmt werden.

### **Abstract:**

Yellow Wilting has been a problem during the winter cultivation of corn salad for many years. Abiotic factors, common soilborne plant pathogens, nematodes and viruses, have been excluded as causes. Our previous studies have shown that Yellow Wilting is transferable from infected to uninfected plots via soil, indicating a biotic and soilborne origin. Yet, respective organisms or causal agents of Yellow Wilting are not identified and effective control measures are so far not available for growers yet.

Within the framework of EIP Agri an Operational Group has been set up, consisting of scientists, plants breeders, extension services and vegetable growers. The aim of this group is to create an innovative solution of the problem without chemical plant protection and to establish an exchange platform. As part of the practical innovation project, greenhouse experiments have assessed the effects of solarization as annual soil disinfestation on soil temperatures and Yellow Wilting development. Initial results show that solarization is cost-effective and efficient in inhibiting Yellow Wilting. Moreover, we aim at identifying the causal agent(s) of Yellow Wilting using metagenomics and metabolomics analysis of various soil samples.

# 1 Vorhabenplanung

## 1.1 Erläuterung der Situation zu Vorhabenbeginn

Feldsalat ist eine der bedeutendsten gemüsebaulichen Winterkulturen in Hessen. Seit mehreren Jahren wird die Wirtschaftlichkeit der Kultur von Feldsalat allerdings durch das Auftreten der Symptomatik der Gelben Welke in Deutschland zunehmend in Frage gestellt. Generell stellt der Anbau von Feldsalat während der Wintermonate eine gute Möglichkeit für die Anbauer dar, die Flächen, auf denen während der Sommermonate in der Regel Tomaten angebaut werden, auch im Winter zu nutzen. Eine zunehmende Zahl von Anbauern stellte in letzter Zeit die Kultivierung von Feldsalat aufgrund massiven Befalls allerdings vollständig ein. Gelbe Welke tritt größtenteils im geschützten Anbau unter hohen begehbaren Schutzabdeckungen sowohl im biologischen als auch im konventionellen Anbau auf. In Hessen wurde im Jahr 2014 auf einer Fläche von 5,7 ha Feldsalat angebaut (Statistisches Bundesamt, 2014). Noch im Jahr 2011 war die Fläche, auf der Feldsalat kultiviert wurde, mit 11,2 ha etwa doppelt so groß. Nach Aussagen von Anbauern steht dies in direktem Zusammenhang mit der starken Zunahme an Gelber Welke im Feldsalatanbau. Die Ursachen sind bislang ungeklärt, und eine wirksame Bekämpfungsstrategie und damit eine Lösung dieser drängenden Problematik wurden bislang noch nicht gefunden. Sicher ist nur, dass Gelbe Welke an Feldsalat durch einen bodenbürtigen Erreger ausgelöst wird. Bereits im Jahr 2012 fand im Rahmen eines Workshops ein Austausch zwischen Wissenschaft und Praxis statt und im Laufe der vergangenen drei Jahre wurden die Ergebnisse der Forschung der Hochschule Geisenheim der Praxis bei den jährlichen Sitzungen von Fachausschuss und Fachbeirat vorgestellt und diskutiert. Mögliche Ursachen konnten eingegrenzt und potentielle Lösungskonzepte entwickelt werden.

Allerdings ist der Austausch unter allen relevanten Akteuren unbedingt zu intensivieren. Da die Symptomausprägung und deren Verlauf vor allem im großflächigen Anbau betrachtet werden müssen, benötigt die Forschung diesen Austausch mit den Anbauern, um Ursachenforschung zu betreiben und abgestimmte und praxistaugliche Lösungskonzepte zu erarbeiten. Zudem wurde von Seiten des Hessischen Gärtnereiverbandes, des Gemüserings Südhessen und des Kuratoriums für das landwirtschaftliche und gartenbauliche Beratungswesen, insbesondere von Mitgliedern des Fachausschuss Gartenbau, die Notwendigkeit betont, die Suche nach erfolgsversprechenden und durchgreifenden Bekämpfungsstrategien und nach der Ursache der Gelben Welke zu intensivieren und in verstärkter Kooperation mit der gemüsebaulichen Praxis innovative Lösungen herbeizuführen.

## 1.2 Aufgabenstellung und Zielformulierung des Vorhabens

Seit einigen Jahren stellt das Auftreten der „Gelben Welke“ in Deutschland und anderen europäischen Ländern wie Frankreich und Italien ein großes Problem im Feldsalatanbau dar, dessen Brisanz für die betroffenen Betriebe immer mehr zunimmt und existenzbedrohende Ausmaße annimmt. Die Symptomatik ist sowohl im geschützten Anbau als auch im Freiland zu beobachten, tritt aber vorzugsweise im Unterglas-Anbau auf. Sie konnte bislang durch keine Strategie nachhaltig und langfristig bekämpft werden. Die Ursachen sind bislang ungeklärt.

Vor diesem Hintergrund wurde eine Operationelle Gruppe (OG) etabliert, die aus Mitgliedern und assoziierten Partnern aus Wissenschaft auf der einen Seite und der gemüsebaulichen Praxis auf der anderen Seite besteht. Diese diene dem Erfahrungsaustausch und einer gemeinsamen und abgestimmten Versuchs- und Umsetzungsplanung. Auf dieser Grundlage wurde eine systematische und zielorientierte Herangehensweise an das Problem erarbeitet. Es wurde eine Verstetigung des Austauschs herbeigeführt, um konstruktiv praxisrelevante Lösungen für das Problem zu finden, die



kontinuierlich an neue Erkenntnisse und sich verändernde Produktionsbedingungen angepasst werden können. Das Ziel dieser Zusammenarbeit war, eine innovative Lösung des Problems Gelbe Welke an Feldsalat in Hessen unter Umgehung des Einsatzes von chemischem Pflanzenschutz herbeizuführen und für die Zukunft eine Austausch- und Kommunikationsplattform für den Umgang mit der Gelben Welke zu schaffen.

Das Innovationsvorhaben gliederte sich zum einen in die Klärung der Ursache und zum anderen in die Entwicklung von Bekämpfungsstrategien. Hierzu erfolgte eine Zusammenführung des bereits vorhandenen Wissens und die Zusammenarbeit und Kommunikation von Wissenschaft und Praxis wurde ausgebaut und verbessert. Zu diesem Zweck wurde zu Beginn des Forschungsvorhabens ein Fragebogen erstellt und an Feldsalat anbauende Betriebe in Hessen und anderen Bundesländern verschickt. Von den Ergebnissen dieser Umfrage erwartete man einerseits einen Gesamteindruck von der Verbreitung der Gelben Welke in Deutschland. Andererseits sollte den Praktikern mit dem Fragebogen die Möglichkeit gegeben werden, eigene Erfahrungen bis hin zu ggf. eigenen Untersuchungsergebnissen zu schildern. Aufgrund dessen konnte eine gezieltere Ursachenerhebung und Herangehensweise an die Problematik erreicht werden. Für die Zukunft soll eine Verstetigung des Austauschs in Form von regelmäßigen Treffen herbeigeführt werden, um konstruktiv praxisrelevante Lösungen für das Problem zu finden.

Aus eigenen Beobachtungen aber auch aus zahlreichen Hinweisen aus Praxis und Beratung wurde der Schluss gezogen, dass der Pflanztermin und die nach der Pflanzung herrschenden Witterungsbedingungen (Sonne, Nebel) einen erheblichen Einfluss auf das Ausmaß der Symptomausprägung der Gelben Welke haben. Diese Beobachtungen legen nahe, die Bedingungen für die Jungpflanzen durch Belichtung der Kultur zu verbessern. Durch das zusätzliche Licht erwartet man, die Vitalität der Jungpflanzen zu steigern und so ein Ausbrechen der Symptomatik zu verhindern.

Das mehrwöchige Abdecken von Gewächshausboden mit lichtdurchlässigen Polyethylenfolien (Solarisation) führt zu einer Erhöhung der Bodentemperatur unter der Folie. Diese Temperaturerhöhung stellt ein ökologisches Verfahren dafür dar, im Boden ansässige Schaderreger abzutöten oder zu hemmen. Da es für eine Anwendung in der gemüsebaulichen Praxis von großer Bedeutung ist, die Dauer der Bodenabdeckung mit Folie so gering wie möglich zu halten, wurde eine Kombination aus Wärmebehandlung und Belichtung der Jungpflanzen vor und nach der Pflanzung erprobt. Durch die aus der Belichtung resultierende größere Vitalität und Widerstandfähigkeit der Jungpflanzen erhoffte man sich, die Dauer der Solarisation des Bodens herabsetzen zu können.

Parallel zu diesen Bemühungen, auf der Grundlage empirisch erhobener Daten eine praxisrelevante Bekämpfungsstrategie für die Symptomatik der Gelben Welke zu entwickeln, wurde auch die Suche nach der Ursache vorangetrieben. Durch Analysen der mikrobiellen Gemeinschaft und der Stoffwechselprodukte im Boden wurden Erkenntnisse über die Vorgänge in der Pflanze während der Symptomausprägung und über die dafür verantwortlichen Mikroorganismen erlangt.

### 1.3 Arbeitsplan

Zur Erreichung dieser Zielsetzungen soll in einem ersten Schritt eine qualitative Analyse der Problematik in Hessen und in anderen besonders betroffenen Bundesländern (Baden-Württemberg, Bayern, Nordrhein-Westfalen) auf Grundlage eines Fragebogens durchgeführt werden. Diese Datenerhebung wird in eine systematische Zusammenführung des Wissens resultieren und einen umfassenden Überblick über die Lage in den betroffenen Gebieten, aber auch über bereits von einzelnen Praktikern erprobte potentielle Bekämpfungsansätze liefern. Auf dieser Grundlage sollen Versuchsstrategien erarbeitet werden, bei denen der Fokus auf der Entwicklung von Maßnahmen zur

Bekämpfung der Symptomatik liegen soll. Die Hochschule Geisenheim und der LLH werden die Durchführung und die Auswertung der Ergebnisse in Zusammenarbeit mit den Erzeugern koordinierend begleiten. Auf diese Weise werden Bekämpfungsansätze an mehreren Standorten und damit einhergehend unter verschiedenen Einflussparametern erprobt werden.

Da es Hinweise darauf gibt, dass eine thermische Behandlung der betroffenen Böden mittels Solarisation zu einem Ausbleiben der Symptomatik bis zur Erntereife führt, soll dieser Ansatz weiter ausgebaut und auf seine Praxistauglichkeit hin überprüft werden. Durch die Abdeckung des Bodens mit transparenter PE-Folie wird in 5 cm Bodentiefe eine Erhöhung der maximalen Tagestemperatur von 5-7°C im Vergleich zur unbehandelten Kontrollfläche erreicht.

Ergänzend hierzu soll der Aspekt einer kurzzeitigen Belichtung der Jungpflanzen vor und nach der Pflanzung aufgegriffen werden. Aus eigenen Beobachtungen aber auch aus zahlreichen Hinweisen aus Praxis und Beratung wurde der Schluss gezogen, dass der Pflanztermin und die nach der Pflanzung herrschenden Witterungsbedingungen einen erheblichen Einfluss auf das Ausmaß der Symptomausprägung der Gelben Welke haben. In der Praxis wurde unterschiedliche Symptomausprägung bei Anbausätzen beobachtet, deren Pflanzdatum nur um eine Woche differierte. Nach eigenen Beobachtungen ist die Symptomausprägung stark von der Witterung, und im Besonderen von den Lichtverhältnissen in den ersten zwei Wochen nach der Pflanzung der Jungpflanzen entscheidend. Ist während dieser Zeitspanne eine durch Wolken oder Nebel bedingte vergleichsweise geringe Lichtintensität zu verzeichnen, kommt es zu einer starken Symptomausprägung in den folgenden Wochen. Da der Intensität des vorhandenen Lichts vor allem direkt nach der Pflanzung offenbar eine nicht zu unterschätzende Bedeutung zukommt, sollen die Bedingungen für die Jungpflanzen durch eine Belichtung nach der Pflanzung verbessert werden. Um aber zusätzlich durch eine erhöhte Photosyntheserate die Vitalität und die Widerstandsfähigkeit der Jungpflanzen gegenüber Pathogenen zu steigern, werden die Jungpflanzen bereits vor der Pflanzung belichtet.

Zudem soll die Auswirkung einer Kombination aus einer Solarisation und einer Belichtung der Jungpflanzen untersucht werden. Hiervon erwartet man eine Verkürzung der bisher gebräuchlichen Solarisationsdauer von drei Monaten, da es ansonsten zu einer zeitlichen Überschneidung von Solarisation und Vorkultur kommen kann.

Begleitend soll die Ursachenfindung vorangetrieben werden, wobei hier sowohl molekularbiologische Untersuchungen als auch Analysen des Metaboloms (Gesamtheit aller Metabolite, also aller Stoffwechselprodukte) betroffener Böden zum Einsatz kommen sollen. Ergänzt werden sollen diese Untersuchungen durch eine Proteomanalyse von Feldsalatpflanzen, um anhand von Veränderungen in der Stoffwechselaktivität Aussagen über die Vorgänge in der Pflanze während der Symptomausprägung machen zu können. Da das Proteom (die Gesamtheit aller Proteine) einer Pflanze hoch dynamisch ist, kann es sich in seiner qualitativen und quantitativen Proteinzusammensetzung aufgrund veränderter Bedingungen (Umweltfaktoren, Temperatur, Stress durch Pathogenbefall etc.) verändern.

### **Arbeitspakete:**

#### Arbeitspaket 1: Ermittlung des Status quo von Gelber Welke

Als Ausgangsbasis für das Forschungsvorhaben für eine möglichst praxisnahe Herangehensweise an die Lösung der Problematik soll ein Fragebogen erstellt werden und an Feldsalat anbauende Betriebe in Hessen und anderen Bundesländern verschickt werden. Die Erhebung wird vom Institut für

Betriebswirtschaft und Marktforschung in Form eines zweistufigen Vorgehens konzipiert und durchgeführt werden. Gegenstand des Fragebogens soll zum einen innerhalb der ersten Stufe die geografische Verbreitung der Symptomatik der Gelben Welke in Hessen, aber auch in anderen betroffenen Bundesländern sein, um bei der Entwicklung einer Bekämpfungsstrategie und bei der Suche nach der Ursache der Symptomatik aus einem erweiterten Pool an Erfahrungen und Kenntnissen schöpfen zu können. Zum anderen sollen die Praktiker ihre Beobachtungen in Bezug auf die Begleitumstände des Auftretens der Gelben Welke angeben, dazu zählen z. B. Einflüsse wie Witterung, Freiland oder Unter-Glas-Anbau und Aussaat oder Pflanzung des Feldsalates. Zudem soll der bisherige Maßnahmeninsatz in Praxisbetrieben (z. B. Pflanzenstärkungsmittel, Bodendämpfung, Erden und Komposte, Solarisation) erfragt werden.

Im Rahmen der zweiten Stufe der Erhebung soll eine Gruppendiskussion im Rahmen eines Workshops stattfinden, die eine Fokusgruppe aus Feldsalatanbauern mit der Forschung ins Gespräch bringt, um innovative Lösungsansätze für das Problem zu erarbeiten.

Beteiligte OG-Mitglieder und Aufgaben/Rollen (Arbeitsbeiträge):

HGU (Institut für Betriebswirtschaft und Marktforschung): Konzeption und Durchführung der Erhebung; Gestaltung und Organisation des Workshops

HGU (K. Piel): Wissenschaftliche Begleitung des Arbeitspakets

#### Arbeitspaket 2: Belichtung der Jungpflanzen

Die Jungpflanzen werden bereits im Jungpflanzenbetrieb Trübenbach belichtet, da es gilt, vitalere und kräftigere Jungpflanzen für den Anbau im Gewächshaus zu erhalten. Nach der Pflanzung in der zweiten Oktoberhälfte werden die Feldsalatpflanzen dann ein zweites Mal belichtet, um auch bei ungünstiger Witterung mit geringer Lichtintensität ein zügiges Einwurzeln der Jungpflanzen zu gewährleisten. Da dies die kritische Phase für den Beginn der Schädigungen durch die Gelbe Welke ist, sollen die Pflanzen soweit gestärkt werden, dass sich der Erreger der Symptome nicht etablieren kann.

Beteiligte OG-Mitglieder und Aufgaben/Rollen (Arbeitsbeiträge):

HGU (K. Piel): Wissenschaftliche Begleitung des Arbeitspakets

Jungpflanzen Trübenbach: Belichtung der Jungpflanzen vor der Pflanzung

Betrieb Edel: Pflanzung des Feldsalats auf betriebseigenen Flächen und anschließende Belichtung der Kulturen

LLH: Beratung bei der Entwicklung eines Belichtungskonzepts

#### Arbeitspaket 3: Solarisation

Aus der Praxis haben sich Hinweise auf eine potentielle phytosanitäre Wirkung einer Bodenerwärmung durch Solarisation auf die Ausprägung der Symptomatik der Gelben Welke ergeben. Bei dieser nichtchemischen Behandlungsmethode wird der Boden mit einer lichtdurchlässigen Plastikfolie bedeckt und man macht sich die daraus resultierende Erwärmung des Bodens durch die Sonneneinstrahlung zu Nutze, wodurch der Boden auf Temperaturen erwärmt wird, die für viele Schaderreger letal sind. Die Erwärmung des Bodens durch Solarisation wird bereits zur Bekämpfung einer großen Anzahl bodenbürtiger Schaderreger eingesetzt. Entsprechend findet eine Solarisation des Bodens mittlerweile in über siebzig Ländern und bei einer Vielzahl von Kulturen

in der Praxis Anwendung. Abgesehen von der Wirkung gegen Pflanzenpathogene wurde mehrfach auch eine Verbesserung des Pflanzenwachstums und des Ertrags beschrieben. Da durch die Solarisation Pathogene im Boden abgetötet oder soweit gehemmt werden, dass eine Symptomausprägung unterbleibt, besteht eine große Wahrscheinlichkeit durch Analysen des Metaboloms und des Metagenoms Unterschiede in der mikrobiellen Zönose und im Metabolitenbesatz zwischen solarisierten und nicht solarisierten Böden zu finden. Möglicherweise kann auf diesem Wege ein potentieller Erreger der Symptomatik der Gelben Welke identifiziert werden. Durch die mögliche Identifizierung des Erregers könnte in der Folge eine zielspezifischere Bekämpfung entwickelt werden.

Beteiligte OG-Mitglieder und Aufgaben/Rollen (Arbeitsbeiträge):

HGU (K. Piel): Wissenschaftliche Begleitung des Arbeitspakets

HGU: Durchführung der Solarisation und der anschließenden Feldsalatkultur

#### Arbeitspaket 4: Solarisation und Belichtung der Jungpflanzen

Im Rahmen dieses Arbeitspakets soll eine Solarisation des Bodens vor der Kultur mit einer Belichtung der Jungpflanzen vor und nach der Pflanzung kombiniert werden. Ziel dieser Kombination ist es, durch den Einsatz belichteter und damit vitalerer Jungpflanzen und eine Belichtung nach der Pflanzung, im Laufe dieser Versuche die Dauer der Solarisation während der Sommermonate zu verkürzen, und damit die Wärmebehandlung des Bodens durch Solarisation für die Praxis attraktiver zu machen.

Beteiligte OG-Mitglieder und Aufgaben/Rollen (Arbeitsbeiträge):

HGU (K. Piel): Wissenschaftliche Begleitung des Arbeitspakets

Jungpflanzen Trübenbach: Belichtung der Jungpflanzen vor der Pflanzung

Betrieb Edel: Durchführung der Solarisation, Pflanzung des Feldsalats auf betriebseigenen Flächen und anschließende Belichtung der Kulturen

LLH: Beratung bei der Entwicklung eines Belichtungskonzepts

#### Arbeitspaket 5: Proteomanalyse von Feldsalatpflanzen

Da jede Pflanze auf Stress, z. B. durch Pathogenbefall, in der Regel durch Veränderungen ihrer Stoffwechselaktivitäten (Neusynthese, Abbau oder Modulation der Aktivität von Proteinen) reagiert, soll mit Hilfe einer Analyse des Proteoms von symptomatischen und asymptomatischen Feldsalatpflanzen eine Aussage über die pflanzliche Physiologie während des Verlaufs der voranschreitenden Symptomausprägung gemacht werden können. Dies soll zu einem besseren Verständnis der Vorgänge in der Pflanze führen und eventuell wertvolle Hinweise auf das Pathogen und in der Folge auch seine Bekämpfung geben. Auch mögliche Maßnahmen z.B. hinsichtlich Düngegaben oder Bodenbewirtschaftung, die eine Verringerung der Symptomatik mit sich bringen könnten, lassen sich aus möglichen Veränderungen der Stoffwechselaktivität symptomatischer Pflanzen ableiten.

Beteiligte OG-Mitglieder und Aufgaben/Rollen (Arbeitsbeiträge):

HGU (K. Piel): Wissenschaftliche Begleitung des Arbeitspakets



- M: Meilensteine*
- M1: OG ist konstituiert und arbeitsfähig*
- M2: Arbeitsinhalte sind abgestimmt*
- M3: Resümee des ersten Projektjahres ist gezogen*
- M4: Planung für das 2. Projektjahr ist abgeschlossen*
- M5: Resümee des zweiten Projektjahres ist gezogen*
- M6: Planung für das 3. Projektjahr und Hofseminar ist abgeschlossen*
- M7: Ergebnisse der OG und des Innovationsprojektes sind für die Öffentlichkeit zugänglich*
- M8: Erhebung ist ausgewertet und der Workshop durchgeführt*
- M9: Versuchsplanung ist abgeschlossen*
- M10: Versuchsplanung ist abgeschlossen*
- M11: Versuchsplanung ist abgeschlossen*
- M12: Ergebnisse des 1. Versuchsjahres sind ausgewertet; Konsequenzen für das Folgejahr sind gezogen*
- M13: Ergebnisse des 1. Versuchsjahres sind ausgewertet; Konsequenzen für das Folgejahr sind gezogen*
- M14: Ergebnisse des 1. Versuchsjahres sind ausgewertet; Konsequenzen für das Folgejahr sind gezogen*
- M15: Analyse ist ausgewertet*
- M16: Versuchsplanung ist abgeschlossen*
- M17: Versuchsplanung ist abgeschlossen*
- M18: Versuchsplanung ist abgeschlossen*
- M19: Ergebnisse des 2. Versuchsjahres sind ausgewertet; Konsequenzen für das letzte Projektjahr sind gezogen*
- M20: Ergebnisse des 2. Versuchsjahres sind ausgewertet; Konsequenzen für das letzte Projektjahr sind gezogen*
- M21: Ergebnisse des 2. Versuchsjahres sind ausgewertet; Konsequenzen für das letzte Projektjahr sind gezogen*
- M22: Ausentwickeltes Verfahren zur Verhinderung bzw. starken Reduzierung der Gelben Welke*

#### Elternzeit/Mutterschutz:

Aufgrund der Mutterschutzzeiten (Anfang November 2016 bis Mitte Februar 2017) und der Elternzeit der Hauptverantwortlichen Dr. Katharina Piel kam es zu einer Verzögerung einiger Meilensteine um etwa vier Monate. Die bereits angelaufenen Versuche konnten jedoch wie geplant durchgeführt und abgeschlossen werden. Verzögerungen gab es hauptsächlich im Bereich der Zusammenarbeit und der planerischen Tätigkeiten. Seit 01. März 2017 wurde die Projektkoordination mit Frau Yvonne Rondot neu besetzt.

Aufgrund der Elternzeit von Frau Rondot (März 2018 bis Oktober 2018) und der daran anschließenden Teilzeitarbeit (Oktober 2018 bis August 2019) kam es zu Verzögerungen vor allem im administrativen Bereich und in der Zusammenarbeit innerhalb der OG sowie bei der Auswertung, Verarbeitung und Veröffentlichung der Ergebnisse. Während der Abwesenheit von Frau Rondot wurde die kommissarische Projektkoordination durch Frau Prof. Dr. Zinkernagel übernommen. Die von Frau Rondot initiierten mehrjährigen Versuche wurden dennoch planmäßig durchgeführt. Während der Teilzeitarbeit ab Oktober 2019 wurde die damit verbundene Ergebnisanalyse fortgeführt. Um diese Arbeiten trotz der Elternzeitpause sowie der Teilzeitarbeit zufriedenstellend abschließen zu können, wurde das Projekt kostenneutral bis Ende August 2019 verlängert.

Das Projekt wurde aufgrund der beiden Mutterschutzzeiten sowie der Elternzeit mit geringerem Personalaufwand umgesetzt und dementsprechend weniger Personalmittel geltend gemacht als ursprünglich beantragt. Um dies auszugleichen und einen Abschluss des Projektes zu ermöglichen, wurden Arbeiten auf weitere Mitarbeiter der Hochschule übertragen, so dass sich der Eigenanteil der Hochschule dadurch erhöht hat.

#### Projektbegleitende Analysen:

Die angestrebte Proteomanalyse (AP5) konnte im Rahmen des Projektes nicht umgesetzt werden. Zwar stellt die Proteomanalyse ein adäquates Mittel dar, um Veränderungen in der Stoffwechselaktivität der Pflanzen festzustellen. Der Proteinexpressionszustand von pflanzlichem Gewebe ist allerdings aufgrund des fortwährenden Umbaus ihres Proteinhaushaltes, z. B. aufgrund unterschiedlicher Lichtreize, Trockenheit oder Kälte, sowohl sehr komplex als auch sehr dynamisch. Bei einem Vergleich von zwei dynamischen Zuständen mit Hilfe der Proteomanalyse, muss die experimentell verursachte Störung bekannt sein und der durch diese Störung verursachte Unterschied möglichst klein gehalten werden. Die Proteomanalyse erfordert demnach eine eindeutige Definition der Ausgangsbedingungen und müsste zunächst in Versuchen unter kontrollierten Bedingungen im Klimaschrank oder *in vitro* durchgeführt werden. Dies war im Rahmen des Projektes nicht möglich. Deswegen wurde die Durchführung einer Proteomanalyse bei unserem derzeitigen Wissensstand bezüglich der Gelben Welke als nicht zielführend oder gewinnbringend erachtet. Stattdessen wurde bei den Versuchen in 2018 eine ausführlichere Metagenom-Analyse der Rhizosphäre als Zeitreihenanalysen durchgeführt.

Die Firma, welche in den letzten Jahren die Metabolom-Analysen des Bodens im Projekt und in Vorgängerprojekten durchgeführt hat, wurde im Verlauf des Projektes von einer amerikanischen Firma übernommen worden. Aufgrund dessen führt sie nur noch Analysen mit klinischen Proben nicht aber mit Bodenproben durch. Eine Ersatzfirma konnte nicht gefunden werden und auch eine Anfrage bei einer Arbeitsgruppe des Max-Planck-Institutes brachte eine Absage. Dementsprechend konnte diese Analyse im letzten Versuchsjahr nicht umgesetzt werden.

#### Bodendämpfung als Bekämpfungsstrategie:

Die Versuche im Projekt haben gezeigt, dass eine thermische Behandlung der betroffenen Böden mittels Solarisation zu einem Ausbleiben der Symptomatik der Gelben Welke an Feldsalat bis zur Erntereife führt. Das Abdecken des unbewachsenen Bodens über einen langen Zeitraum während der Sommermonate ist allerdings in der Praxis nicht immer umsetzbar. Es gibt Berichte aus der Praxis, dass eine thermische Bodenbehandlung durch Dämpfung ebenfalls möglich ist, aber die Dauer und Intensität der Wirkung scheint unterschiedlich. Von daher wurde geprüft, wie eine Bodenentseuchung mittels Dämpfen die Symptomausprägung Gelbe Welke an Feldsalat beeinflusst und ob die Dämpfung eine zusätzliche Bekämpfungsstrategie darstellt.

### Versuche im Praxisbetrieb erstes Jahr:

Aufgrund fehlender Kapazitäten beim ausführenden Praxisbetrieb konnten der dort für das Versuchsjahr 2016 geplante Versuch zur Solarisation und Jungpflanzenbelichtung nicht umgesetzt werden.

### Workshop:

Im Arbeitspaket 1 erfolgte die Erhebung zur Problematik der Gelben Welke im Feldsalatanbau mittels Befragung von Praxisbetrieben. Ursprünglich wurde die Erhebung vom Institut für Betriebswirtschaft und Marktforschung in Form eines zweistufigen Vorgehens konzipiert. Die erste Stufe umfasste dabei die Entwicklung des Fragebogens und dessen Auswertung. Um bei der Entwicklung einer Bekämpfungsstrategie und bei der Suche nach der Ursache der Symptomatik aus einem erweiterten Pool an Erfahrungen und Kenntnissen schöpfen zu können, war als zweite Stufe der Erhebung eine Gruppendiskussion im Rahmen eines Workshops angedacht. Die Veröffentlichung/Bekanntmachung des Workshops ist im letzten Teil der Erhebung erfolgt. Das völlige Ausbleiben von Anmeldungen von Seiten der Praxis legte ein eher geringeres Interesse an einem Workshop im Sommer 2016 nahe. Aus diesem Grund wurde der Workshop verschoben (Meilenstein 8). Da es in der Vergangenheit bereits zu mehreren Treffen mit der Praxis gekommen ist, wobei das letzte zeitnah vor Beginn des Projekts stattgefunden hat, ist der neueste Stand in Bezug auf Wünsche und Anregungen der Praxis bekannt. Außerdem wird aus mündlichem Feedback aus der Praxis immer wieder ersichtlich, dass mit einer deutlich höheren Beteiligung zu rechnen ist, wenn es neue Erkenntnisse zu vermelden gibt. Inhaltlich soll der Workshop von daher abweichend vom Aktionsplan genutzt werden, um die Sicherung der Praxisnähe sowie die Kommunikation der Ergebnisse in die Praxis zu gewährleisten. Daher wurde der Workshop auf das Ende des Projektes gelegt.

## **3 Ergebnisse und Zielerreichung**

### 3.1 Haupt- und Nebenergebnisse des Vorhabens

#### 3.1.1 Erhebung der Situation bei Feldsalat anbauenden Betrieben

Im Rahmen des Projektes GeWeKom wurde eine Umfrage mit Feldsalatanbauern durchgeführt, deren Ergebnisse im Folgenden dargelegt werden. Der Versand des Fragebogens erfolgte über Multiplikatoren (hier: Gemüsebauberater). Die Erhebungszeit lief vom 22. März 2016 bis Ende April 2016. Insgesamt konnten 35 Bögen ausgewertet werden. Davon stammen 28 Bögen (80%) von Betrieben in Deutschland und sieben Bögen (20%) von Betrieben aus der Schweiz. Mit Blick auf die Bundesländer liegen die meisten Rückläufe (ca. 51%) aus Baden-Württemberg vor. Damit fiel der Rücklauf insgesamt sehr gering aus. Dies ist bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen.

In 19 Fällen wird ein biologischer Anbau von Feldsalat praktiziert und in 16 Fällen wird ein konventioneller Anbau von Feldsalat betrieben. Das Spektrum für das erste Feldsalat-Kulturjahr reicht dabei von 1932 bis 2014. Mit Blick auf die Kultivierungserfahrung von Feldsalat sind bei den Befragten Betrieben also „relativ junge Hasen“ als auch „relativ alte Hasen“ dabei. Von den befragten Betrieben sind in 26 Betrieben (rd.  $\frac{3}{4}$  der befragten Betriebe) die Symptome von Gelber Welke aufgetreten. Die übrigen neun befragten Betriebe sagen aus, dass Sie bislang keinerlei Gelbe Welke im Bestand gehabt haben. Von den 26 befragten Betrieben, in deren Beständen die Gelbe Welke aufgetreten ist, praktiziert jeweils die Hälfte einen biologischen bzw. einen konventionellen Anbau von Feldsalat. Von den neun befragten Betrieben, in deren Beständen bislang keinerlei Gelbe Welke



aufgetreten ist, bauen sechs Betriebe Feldsalat biologisch an und drei Betriebe praktizieren einen konventionellen Anbau von Feldsalat.

Offen gefragt zu den Begleitumständen, die mit dem Auftreten von Gelber Welke verknüpft sind, haben 27 Betriebe Angaben gemacht. Davon entfallen mit 11 die meisten Nennungen auf das Handlungsfeld „Wasserführung“. Eine gestützte Frage zu den Zusammenhängen von verschiedenen Kulturmaßnahmen und dem Auftreten von Gelber Welke hat mehrheitlich die Kulturmaßnahmen „Bewässerung im Winter während der Feldsalat-Kultur“ (60% der befragten Betriebe) und „Anbauzeitraum“ (57% der befragten Betriebe) hervorgebracht.

Die Frage nach möglichen Gegenmaßnahmen, die von den Feldsalatproduzenten bislang eigeninitiativ in ihren Betrieben ausprobiert wurden, hat ergeben, dass mit 18 Betrieben die Hälfte der befragten Betriebe schon einmal Pflanzenstärkungsmittel als Gegenmaßnahme eingesetzt hat. Allerdings bewerten 13 dieser Betriebe diese Maßnahme als schwach wirksam. Der Einsatz von „Bodendämpfung“, „anderen Erden“ und „Solarisation“ wird von der Mehrheit der befragten Betriebe verneint.

### 3.1.2 Bekämpfungsstrategie Solarisation

Aus der Praxis haben sich Hinweise auf eine potentielle phytosanitäre Wirkung einer Bodenerwärmung durch Solarisation auf die Ausprägung der Symptomatik der Gelben Welke ergeben. Bei dieser nicht-chemischen Behandlungsmethode wird der unbewachsene Boden mit einer transparenten Folie bedeckt. Die daraus resultierende Erwärmung des Bodens durch die Sonneneinstrahlung auf Temperaturen, die für viele Krankheiten und Schädlinge letal sind, wird dabei für deren Bekämpfung genutzt. Die Erwärmung des Bodens durch Solarisation wird bereits zur Bekämpfung einer großen Anzahl bodenbürtiger Schaderreger eingesetzt.

Im Rahmen des Projektes sollte geprüft werden, ob die Methode der Solarisation geeignet ist, pathogene Ursachen der Gelben Welke bei Feldsalat zu bekämpfen und wie sich die Solarisation auf die Zusammensetzung der Bodenmikroflora auswirkt (für letzteres siehe Ergebnisse zur Ursachenfindung). Dabei wurden unterschiedlich lange Zeiträume der Solarisation auf ihre Wirkung hin untersucht, mit dem Ziel den Abdeckungszeitraum so kurz wie möglich zu halten und dadurch eine bessere Umsetzbarkeit für die Praxis zu erreichen. Zusätzlich wurde erhofft, einen Erkenntnisgewinn hinsichtlich der für eine Bekämpfung notwendigen Temperaturgrenzen und der Einwirkdauer dieser Temperaturen zu generieren, was sich allerdings aufgrund der sehr unterschiedlichen Temperaturen in den Sommermonaten in 2017 und 2018 schwierig gestaltete. Ebenfalls wurde die Implementierung der Solarisation in die Tomatenkultur getestet. Letzteres bracht aufgrund der Beschattung der Folie durch die Tomatenpflanzen keinen Erfolg (siehe Zwischenbericht 1 und 2).

Die getesteten Versuchsvarianten in den einzelnen Versuchsjahren zeigt Tabelle 2. Die Versuche wurden jeweils als Blockanlage mit vier Wiederholungen bei drei Varianten angelegt. Die detaillierten Versuchsbedingungen sind Tabelle 3 zu entnehmen. Der Anteil an Erdpresstöpfen mit Symptomen der Gelben Welke sowie die Bodentemperatur in 10 cm Tiefe wurde zur Datenauswertung erfasst. Die erhobenen Daten wurden unter Verwendung des Statistikpakets R (R Core Team (2015)) varianzanalytisch verrechnet. Der Mittelwertvergleich erfolgte nach Tukey ( $\alpha \leq 0,05$ ). Lagen Normalverteilung oder Varianzgleichheit nicht vor, wurde der Kruskal-Wallis-Test und der Bonferroni-Test angewendet.

**Tabelle 1: Solarisationsvarianten in den einzelnen Versuchsjahren 2016, 2017 und 2018**

Varianten		2016	2017	2018
1.	ohne Solarisation			
2.	Lange Solarisation	1.7. - 19.10.2016	30.6. - 16.10.2017	29.5. - 17.10.2018
3.	Kurze Solarisation	15.8. - 19.10.2016	30.6. - 25.8.2017	29.5. - 3.7.2018

**Tabelle 2: Versuchsbedingungen und -umsetzung der Solarisationsversuche im Gewächshaus Gb3 in Geisenheim**

<b>Standort</b>	Hochschule Geisenheim, Gewächshaus Gb 3	
<b>Varianten</b>	1.	ohne Solarisierung
	2.	Lange Solarisierung
	3.	Kurze Solarisierung
	Blockanlage mit 4 Wiederholungen, Parzellengröße ca. 6,6 m <sup>2</sup>	
<b>Sorte</b>	'Amely' (Enza Zaden)	
<b>Solarisation:</b>	Abdeckung mit transparente PE-Folie, 30 µm dick	
<b>Pflanzung</b>	Ende Oktober; 10 cm x 10 cm = 100 Töpfe/m <sup>2</sup>	
<b>Temperatur</b>	Heizung 4°C, Lüftung 8°C	
<b>Düngung</b>	Sollwert 145 kg N/ha (0-15 cm)	
<b>Bewässerung</b>	mit Gießwagen	
<b>Vorkultur</b>	Spinat als Zwischenbegrünung	

**Ergebnisse 2016:**

Eine Folienabdeckung ab Anfang Juli erhöhte 2016 die maximale Tagestemperatur in einer Bodentiefe von 10 cm um durchschnittlich 5,0 K im Vergleich zur nicht abgedeckten Kontrolle. Die maximale Erhöhung der Tagesmaximumtemperatur betrug 10,9 K (Abbildung 3). Eine Folienabdeckung ab Mitte August erhöhte 2016 die maximale Tagestemperatur in einer Bodentiefe von 10 cm um durchschnittlich 4,4 K im Vergleich zur nicht abgedeckten Kontrolle. Die maximale Erhöhung der Tagesmaximumtemperatur betrug 8,8 K. Bei Folienabdeckung ab Anfang Juli wurden Bodentemperaturen über 45°C in 10 cm Tiefe an 36 Tagen erreicht, über 50 °C zusätzlich an zwei Tagen. Bei Folienabdeckung ab Mitte August wurden Bodentemperaturen über 45°C in 10 cm Tiefe an 19 Tagen erreicht, über 50 °C zusätzlich an einem Tag.

Den zeitlichen Verlauf der Anteile symptomatischer Töpfe zeigt Abbildung 4. An nahezu 100% der Erdpresstöpfe der unbehandelten Kontrolle (Var. 1) zeigten die Pflanzen ab Ende November eine sehr starke Symptomausprägung. Eine Solarisierung der Flächen ab Anfang Juli (Var. 2) zeigte bis 22.12. mit 13% einen geringen Anteil an Töpfen mit symptomatischen Pflanzen. Eine Solarisierung ab

Mitte August bewirkte auch eine deutlich verringerte Symptomausprägung im Vergleich zu unbehandelten Kontrolle. Der Anteil symptomatischer Töpfe betrug jedoch am 22.12. ca. 36%. Am 9. Januar zeigten ca. 100% der Töpfe aller Versuchsvarianten eine deutliche Symptomausprägung.

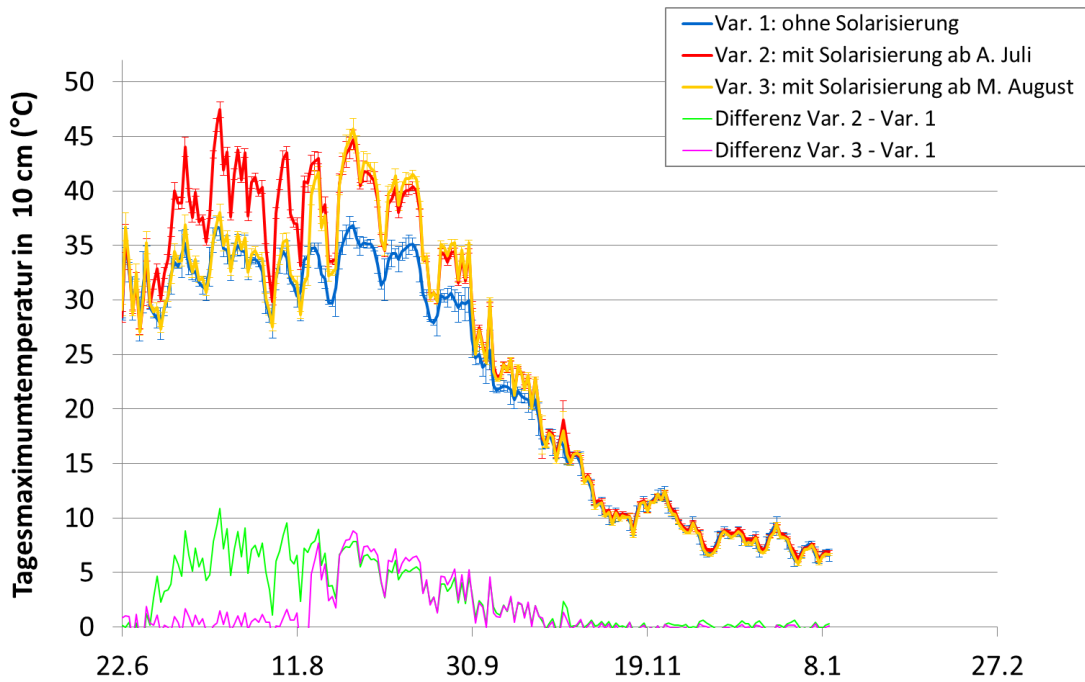


Abbildung 3: Bodentemperatur in 10 cm Tiefe (Tagesmaxima) ohne Solarisierung (Var. 1) und mit Solarisierung ab Anfang Juli (Var. 2) oder ab Mitte August (Var. 3) vor einer Feldsalatkultur im Jahr 2016

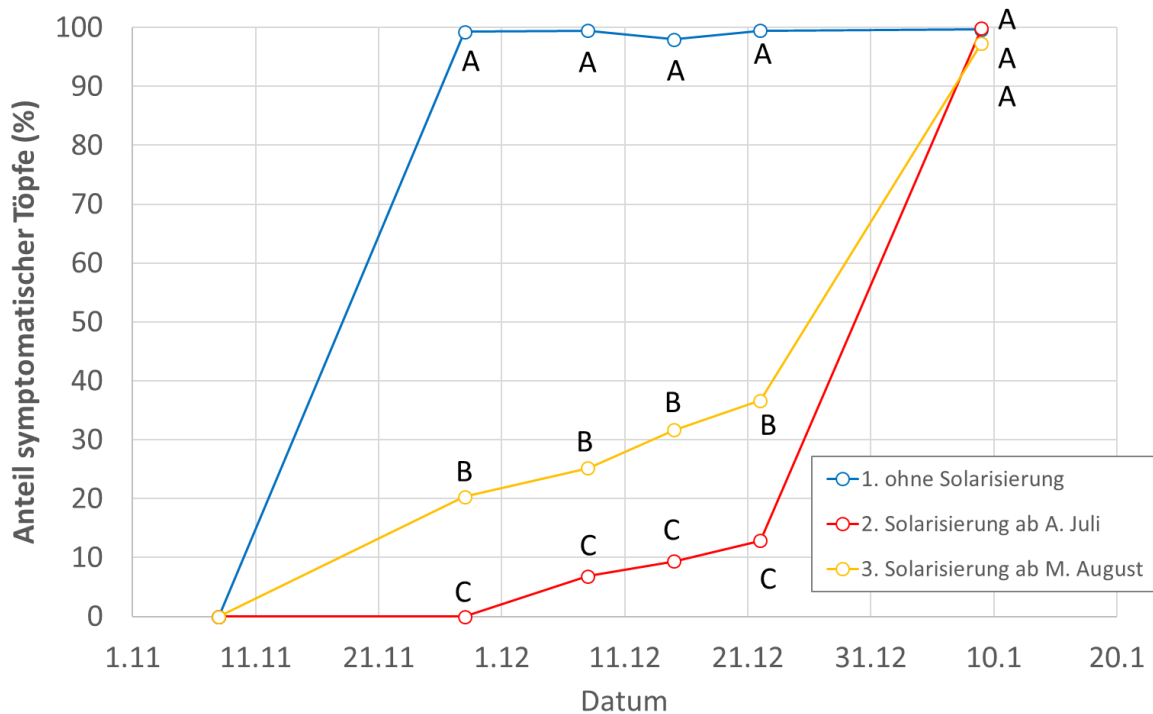
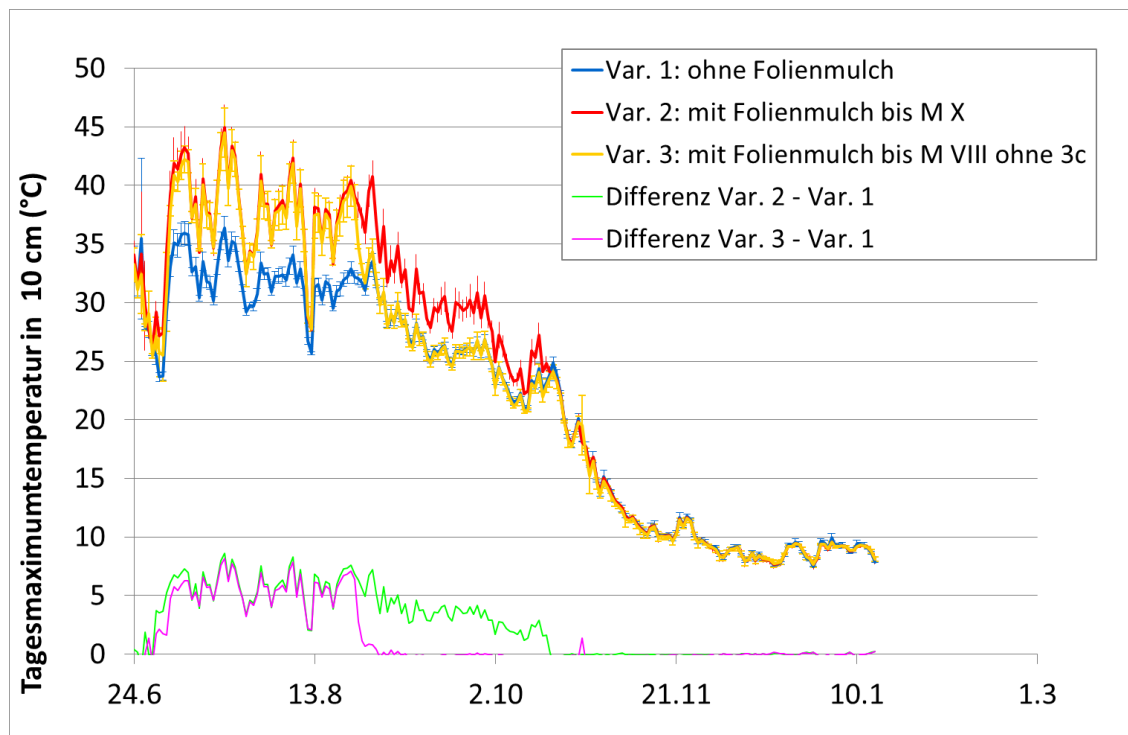


Abbildung 4: Einfluss der Solarisierung auf die zeitliche Entwicklung der Symptomausprägung Gelbe Welke an Feldsalat (A,B: Mediane, Kruskal-Wallis-Test und Bonferroni-Test;  $\alpha \leq 0,05$ )

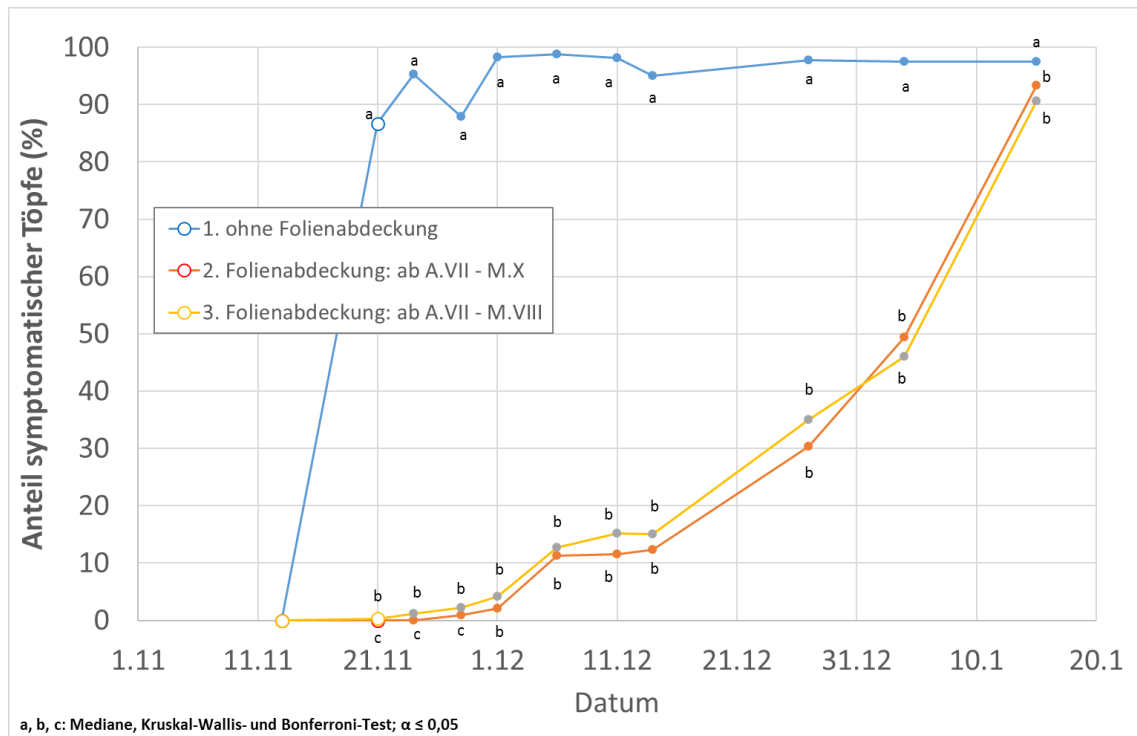
**Ergebnisse 2017:**

Eine lange Folienabdeckung bis Mitte Oktober erhöhte 2017 die maximale Tagestemperatur in einer Bodentiefe von 10 cm um durchschnittlich 4,5 K im Vergleich zur nicht abgedeckten Kontrolle. Die maximale Erhöhung der Tagesmaximumtemperatur betrug 8,6 K (Abbildung 5). Eine kurze Folienabdeckung bis Mitte August erhöhte 2017 die maximale Tagestemperatur in einer Bodentiefe von 10 cm bis Mitte August um durchschnittlich 4,8 K im Vergleich zur nicht abgedeckten Kontrolle. Die maximale Erhöhung der Tagesmaximumtemperatur betrug 8,1 K.



**Abbildung 5: Bodentemperatur in 10 cm Tiefe (Tagesmaxima) ohne Solarisierung (Var. 1) und mit Solarisierung 30.6.-16.10.2017 (Var. 2) oder 30.6.-25.8.2017 (Var. 3) vor einer Feldsalat-Kultur im Jahr 2017**

Den zeitlichen Verlauf der Anteile symptomatischer Töpfe zeigt Abbildung 6. In der unbehandelten Kontrolle (Var. 1) wiesen ab 1. Dezember mehr als 90% der Töpfe eine Symptomausprägung auf. Eine Solarisierung der Flächen bis Mitte Oktober oder bis Mitte August (Var. 2 und 3) zeigte bis 14. Dezember mit maximal 15% einen deutlich geringen Anteil an Töpfen mit symptomatischen Pflanzen. Am 15. Januar zeigten mehr als 90% der Töpfe von allen drei Versuchsvarianten eine deutliche Symptomausprägung. Unterschiede in der Symptomausprägung zwischen den beiden Solarisierungsvarianten ließen sich statistisch nicht feststellen. Beide Solarisierungsvarianten zeigten somit eine deutliche Verzögerung der Symptome der Gelben Welke. Zur Marktreife Mitte Dezember waren in diesen Varianten noch über 80% der Pflanzen ohne Symptome und damit marktfähig.



**Abbildung 6: Einfluss der Solarisierung auf die zeitliche Entwicklung der Symptomausprägung der Gelben Welke an Feldsalat (Varianten mit unterschiedlichen Buchstaben sind statistisch unterscheidbar, Kruskal-Wallis-Test und Bonferroni-Test;  $\alpha \leq 0,05$ )**

### Ergebnisse 2018:

Die langandauernde Folienabdeckung bis Mitte Oktober erhöhte 2018 die maximale Tagestemperatur in einer Bodentiefe von 10 cm um durchschnittlich 5,9 K im Vergleich zur nicht abgedeckten Kontrolle. Im Zeitraum bis Anfang Juli betrug die durchschnittliche Erhöhung der Tagesmaximumtemperatur 7,5 K. Die maximale Erhöhung der Tagesmaximumtemperatur betrug 10,2 K (Abbildung 7). Die kurze Folienabdeckung bis Anfang Juli erhöhte 2018 die maximale Tagestemperatur in einer Bodentiefe von 10 cm bis Anfang Juli um durchschnittlich 7,2 K im Vergleich zur nicht abgedeckten Kontrolle. Die maximale Erhöhung der Tagesmaximumtemperatur betrug 10,1 K.

Die Häufigkeitsverteilung von Tagen mit einer Überschreitung einer bestimmten Tagesmaximumtemperatur zeigt Abbildung 8. Bei Folienabdeckung bis Mitte Oktober wurden Bodentemperaturen zwischen 35 und 42 °C in 10 cm Tiefe an 59 Tagen erreicht, zwischen 42 und 50 °C zusätzlich an 48 Tagen. Bei Folienabdeckung bis Anfang Juli wurden Bodentemperaturen zwischen 35 und 42 °C in 10 cm Tiefe an 58 Tagen erreicht, zwischen 42 und 50 °C zusätzlich an elf Tagen. Die unbedeckte Kontrolle erreichte Tagesmaximaltemperaturen zwischen 35 und 42 °C an 42 Tagen. Tagesmaximaltemperaturen über 42 °C wurden nicht erreicht. Die höchste gemessene Temperatur in 10 cm Tiefe betrug bei der Kontrolle 38,9 °C und bei Solarisierung 47,8 °C.

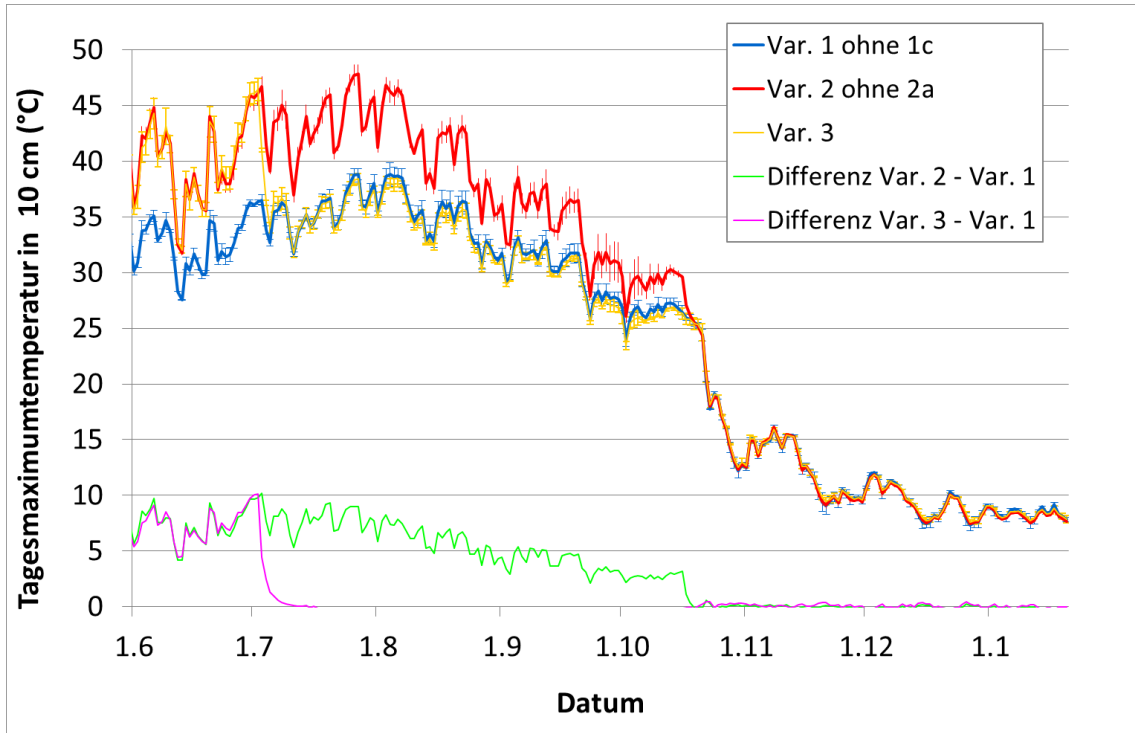


Abbildung 7: Bodentemperatur in 10 cm Tiefe (Tagesmaxima) ohne Solarisierung (Var. 1) und mit Solarisierung 29.5. - 17.10.2018 (Var. 2) oder 29.5. - 3.7.2018 (Var. 3) vor einer Feldsalat-Kultur im Jahr 2018

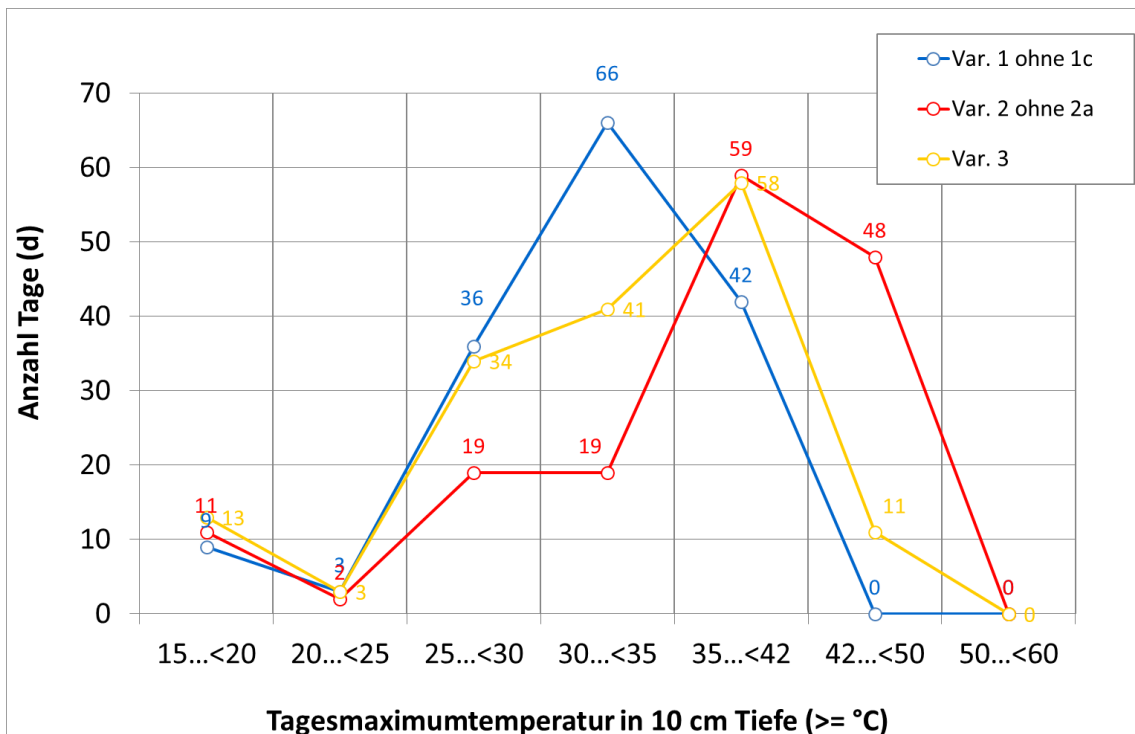
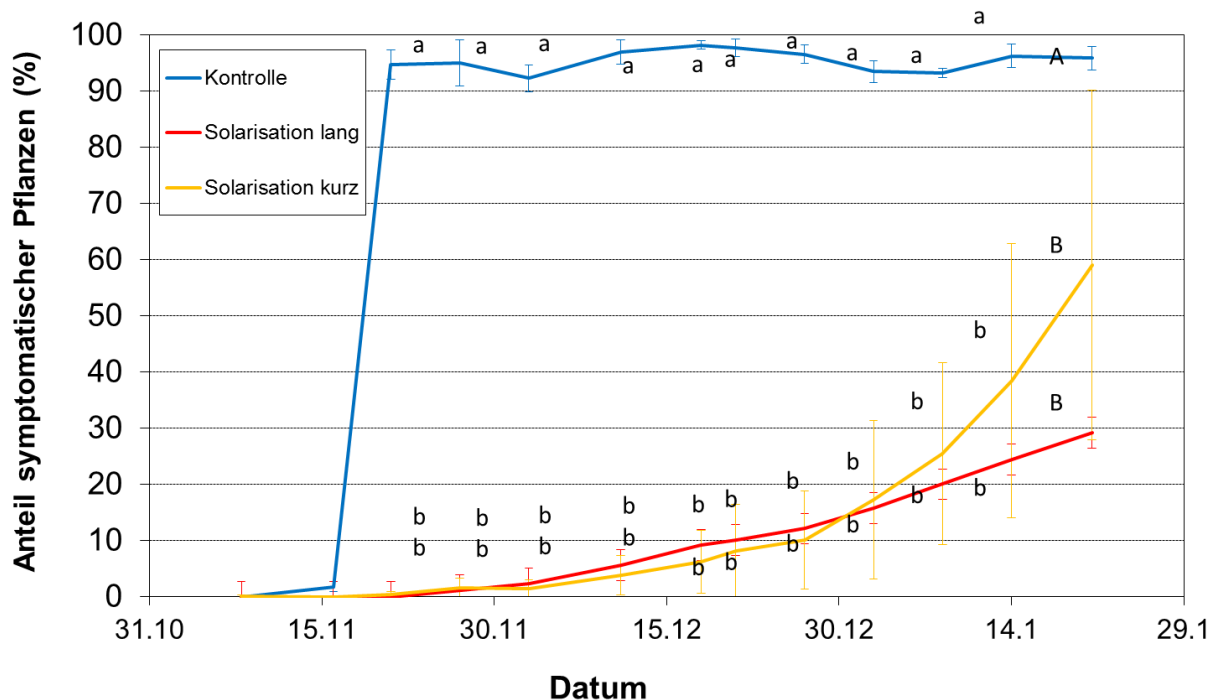


Abbildung 8: Anzahl Tage mit einer Überschreitung der Bodentemperatur in 10 cm Tiefe (Tagesmaxima) ohne Solarisierung (Var. 1) und mit Solarisierung von 29.5. - 17.10.2018 (Var. 2) oder 29.5. - 3.7.2018 (Var. 3) vor einer Feldsalat-Kultur

Den zeitlichen Verlauf der Anteile Töpfe mit symptomatischen Pflanzen zeigt Abbildung 9. In der unbehandelten Kontrolle (Var. 1) wiesen ab 21. November 2018 Pflanzen von mehr als 90 % der Töpfe eine Symptomausprägung auf. Eine Solarisierung der Flächen bis Mitte Oktober oder bis Anfang Juli (Var. 2 und 3) zeigte bis 21. Dezember mit weniger als 10 % einen deutlich geringen Anteil an Töpfen mit symptomatischen Pflanzen. Bis 8. Januar hatte die Solarisierungsdauer keinen Einfluss auf den Anteil an Töpfen mit symptomatischen Pflanzen. Ab 14.1.2019 führte eine kürzere Solarisierungsdauer bei belichteten Jungpflanzen zu einer stärkeren Symptomausprägung als bei längerer Solarisierungsdauer. Bei den unbelichteten Jungpflanzen waren Unterschiede in der Symptomausprägung zwischen den beiden Solarisierungsvarianten sich statistisch nicht nachweisbar. Insgesamt zeigten beide Solarisierungsvarianten eine deutliche Verzögerung der Symptome der Gelben Welke. Zur Marktreife Anfang Dezember waren in diesen Varianten noch über 90% der Pflanzen ohne Symptome und damit marktfähig.



**Abbildung 9: Einfluss der Solarisierung auf die zeitliche Entwicklung der Symptomausprägung der Gelben Welke an Feldsalat (Varianten mit unterschiedlichen Buchstaben sind statistisch unterscheidbar, a,b: F-Test und Tukey-Test; A,B: Kruskal-Wallis- und Bonferoni-Test;  $\alpha \leq 0,05$ )**

### Fazit

Alle Versuche an der Hochschule Geisenheim zeigten eine positive Wirkung der Solarisation. Der Befall mit Gelber Welke war auf den behandelten Flächen reduziert bzw. trat deutlich verzögert auf. Die gute Wirkung einer Solarisation der Gewächshausböden gegen Gelbe Welke an Feldsalat konnte in allen Jahren bestätigt werden. Auch die kurzen Solarisationsvarianten brachten dabei deutliche Erfolge durch eine stark verzögerte Symptomausprägung. Aufgrund des relativ schlechten Spätsommers in 2017 bewirkte eine Solarisierung bis Mitte Oktober keine wesentlich stärkere Erwärmung des Bodens im Vergleich zur Solarisierung bis Mitte August.

## 3.1.3 Bekämpfungsstrategie Belichtung/Jungpflanzenbelichtung

Bisherige Erkenntnisse weisen darauf hin, dass die kritische Phase für den Beginn der Schädigungen durch die Gelbe Welke in der Phase des Einwurzeln der Jungpflanzen (etwa zweite Oktoberhälfte) liegt. Da man annehmen muss, dass die Symptomausprägung stark von der Witterung, und im Besonderen von den Lichtverhältnissen, in den ersten Wochen nach Aussaat oder Pflanzung abhängig ist, wurden die Feldsalatpflanzen ab der Pflanzung belichtet, wenn die Außeneinstrahlung von 10 kLux unterschritten wurde. Hiermit sollten auch bei ungünstiger Witterung mit geringer Lichtintensität die Wachstumsbedingungen für die Jungpflanzen verbessert werden. Die Vitalität und die Widerstandsfähigkeit der Pflanzen sollten durch eine erhöhte Photosyntheserate soweit gestärkt werden, dass sich der Erreger der Symptome nicht etablieren kann oder sich die Symptome weniger stark ausprägen.

Der Belichtungsversuch wurde in allen drei Projektjahren beim Praxisbetrieb und OG-Partner Gemüsering Südhessen (Betrieb Edel) durchgeführt und als Blockanlage mit vier Wiederholungen angelegt. Die Versuchsbedingungen sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Eine Übersicht über die Versuchsflächen und die Verteilung der Parzellen gibt der Übersichtsplan in Abbildung 10.

Zur Datenauswertung wurde an fünf Terminen der Anteil an Erdpresstöpfen mit Symptomen der Gelben Welke erfasst. Um die Frage beantworten zu können, ob die in den ersten beiden Versuchsjahren beobachtete verstärkte/verfrühte Symptomausprägung in der belichteten Variante mit einer beschleunigten Entwicklung einhergeht bzw. darauf beruht, wurde zusätzlich an diesen Terminen die Frisch- und Trockenmasse von fünf bis sieben zufällig ausgewählten Töpfen pro Parzelle bestimmt. Die gewonnenen Daten wurden unter Verwendung des Statistikpakets R (R Core Team (2015)) varianzanalytisch verrechnet. Der Mittelwertvergleich erfolgte nach Tukey ( $\alpha \leq 0,05$ ). Lag keine Normalverteilung vor, wurde der Kruskal-Wallis-Test und der Bonferroni-Test angewendet.

**Tabelle 3: Übersicht über die Versuchsbedingungen des Belichtungsversuchs bei Feldsalatpflanzen in Lampertheim (Betrieb Edel)**

<b>Standort</b>	<b>Lampertheim, Betrieb Gemüsering Süd</b>	
<b>Variante</b>	1.	ohne Zusatzbelichtung
	2.	mit Zusatzbelichtung
	Blockanlage mit 4 Wiederholungen 2016 gesäter Bestand; Parzellengröße 2017+2018: 14x40 Töpfe = 7,2 m <sup>2</sup>	
<b>Sorte</b>	'Amely' (Enza), gepflanzt	
<b>Belichtung ab Pflanzung bis Ernte</b>	Pflanzenanzuchtlichten: 2 Stück SON-K-SOD-600 pro Parzelle Leuchtenebene: 2 m über dem Bestand zwischen 8:00 und 16:00 Uhr wenn 120 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ ( $\leq 10$ kLux) außen unterschritten mit Beleuchtungsstärke 65 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ (39 - 99 min-max)	
<b>Pflanzung</b>	Ende Oktober 10 cm x 10 cm = 100 Töpfe/m <sup>2</sup>	



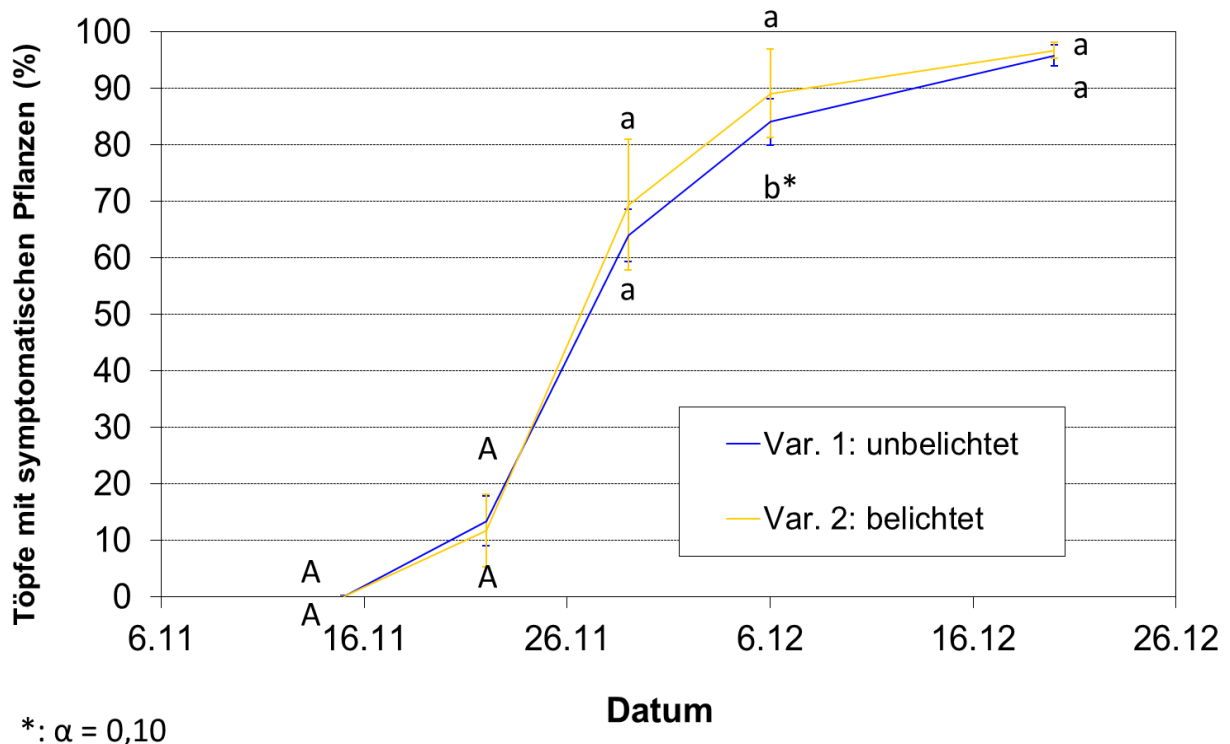
## Lageskizze Belichtung während der Feldsalatkultur im Betrieb Edel



Abbildung 10: Parzellenverteilung des Belichtungsversuchs im Folienschiff des Betriebs Gemüsering Südhessen (Edel) mit je vier unbelichteten Parzellen (1 a-d) und vier Parzellen, die mit zwei SON-K-SOD Leuchten belichtet wurden (2 a-d); Lageskizze im Betrieb sowie Detail der Ernteparzellen.

### Ergebnisse:

In allen drei Versuchsjahren zeigten die belichteten Bestände keine reduzierte Symptomausprägung. Im Gegensatz zu den Jahren 2016 und 2017 hatte eine Zusatzbelichtung im Jahr 2018 jedoch auch keinen wesentlichen negativen Einfluss auf die Ausprägung des Symptoms der Gelben Welke an Feldsalat. Lediglich am 6.12.2018 war der Anteil Töpfe mit symptomatischen Pflanzen bei Zusatzbelichtung tendenziell höher als bei der unbelichteten Kontrollvariante (Abbildung 11). Durch die Zusatzbelichtung während der Feldsalatkultur erhöhte sich die Tagesmitteltemperatur in 2 cm Bodentiefe um maximal 0,8 K, im Mittel um 0,4 K. Die Belichtung beschleunigte die Bildung von Frisch- und Trockenmasse von Feldsalat. Eine angestrebte Frischmasse von 1 kg/m<sup>2</sup> für die Marktreife wäre dementsprechend etwa 10 Tage früher erreicht gewesen. Allerdings waren auch zu diesem Zeitpunkt schon fast 90 % des Bestandes mit Gelber Welke befallen, so dass es nicht möglich ist durch eine schnellere Entwicklung der Pflanzen den Symptomverlauf auszugleichen.



\*:  $\alpha = 0,10$

**Abbildung 11: Einfluss einer Belichtung von Feldsalatbeständen auf die zeitliche Entwicklung der Symptomausprägung der Gelben Welke an Feldsalat (Varianten mit unterschiedlichen Buchstaben sind statistisch unterscheidbar, Kruskal-Wallis-Test und Bonferroni-Test;  $\alpha \leq 0,10$ )**

### 3.1.4 Bekämpfungsstrategie Dämpfung

Die bisherigen Versuche haben gezeigt, dass eine thermische Behandlung der betroffenen Böden mittels Solarisation zu einem Ausbleiben der Symptomatik der Gelben Welke an Feldsalat bis zur Erntereife führt. Das Abdecken des unbewachsenen Bodens über einen langen Zeitraum während der Sommermonate ist allerdings in der Praxis nicht immer umsetzbar, da es zu zeitlichen Überschneidungen zwischen Vorkultur und Solarisationsperiode kommen kann. Es gibt Berichte aus der Praxis, dass eine thermische Bodenbehandlung durch Dämpfung (Hitzebehandlung des Bodens mit Dampf) ebenfalls möglich ist, aber die Dauer und Intensität Wirkung scheint unterschiedlich. Von daher wurde geprüft, wie eine Bodenentseuchung mittels Flächendämpfung die Symptomausprägung der Gelben Welke an Feldsalat beeinflusst. Getestet wurde eine Foliendämpfung, bei der nach einer 30 cm tiefen Bodenbearbeitung durch Abdeckung der Fläche mit hitzebeständige PVC-Folie und Einführung von Dampf unter die Folie in der bearbeiteten Bodenschicht eine Temperatur von 90°C erreicht wurden.

#### **Ergebnisse:**

Eine Bodendämpfung führte zu einer signifikant höheren Frisch- und Trockenmasse von Feldsalat im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle und verhinderte nahezu vollständig die Ausprägung von Symptomen der Gelben Welke an Feldsalat im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle. Bis Mitte Dezember zeigten die Pflanzen von 1 % der Töpfe auf gedämpften Flächen Symptome. In der unbehandelten Kontrolle waren ab 20.11. Pflanzen von 90% und mehr Töpfe symptomatisch (Abbildung 12). Die flächige Verteilung der Symptomausprägung über die einzelnen Boniturtermine zeigt Abbildung 13.

Ein weiterer im Januar nachgeplanzter Satz Feldsalat zeigte auch auf den unbehandelten Kontrollflächen keine Symptomausprägung.

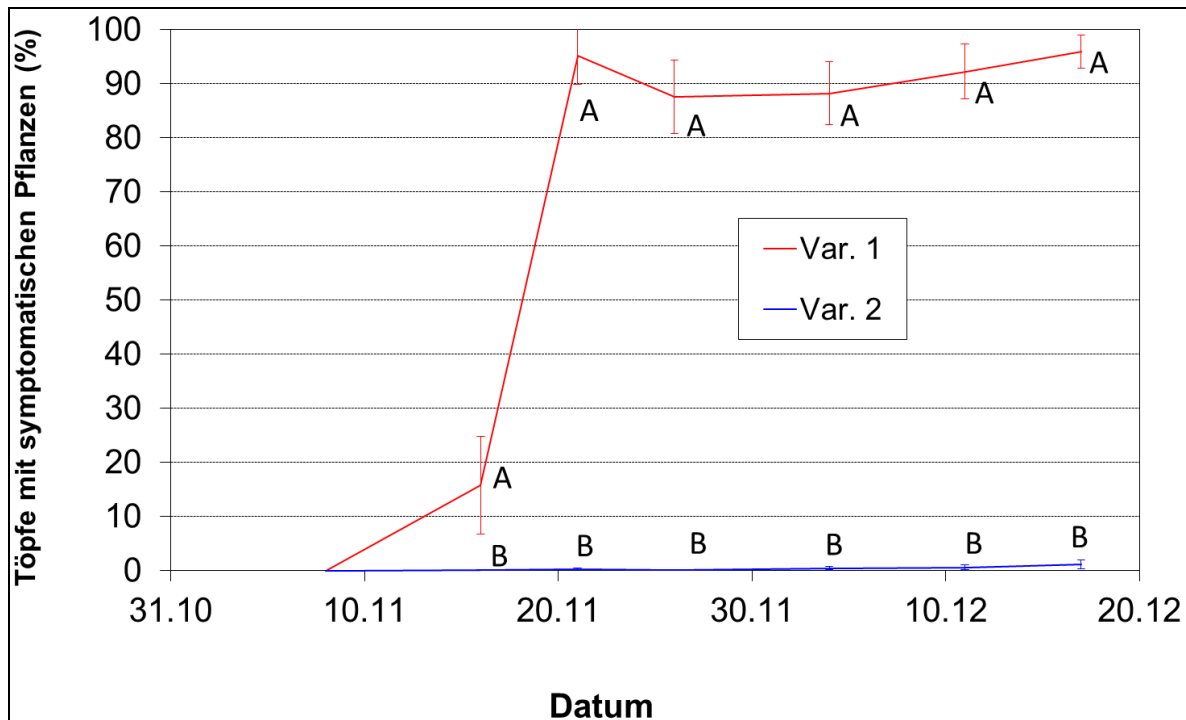
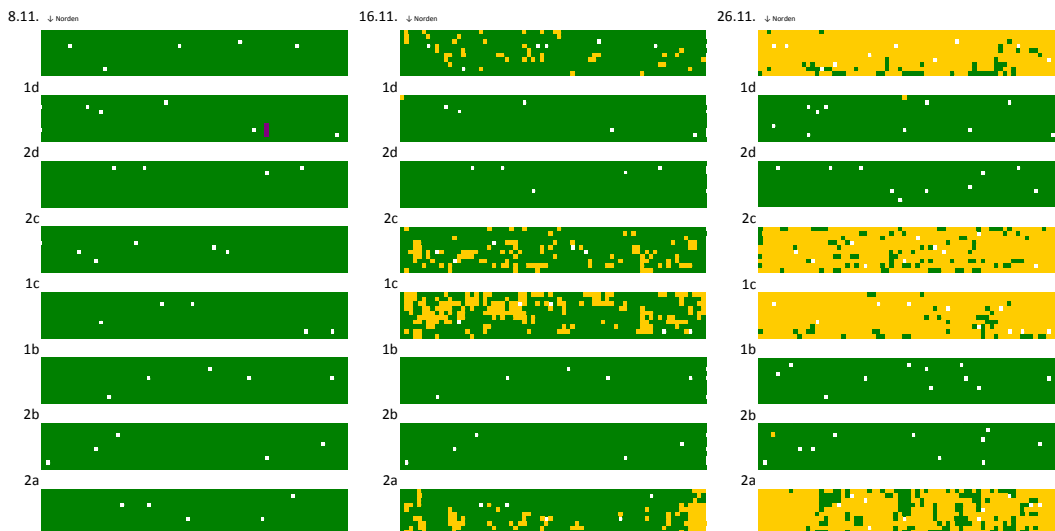
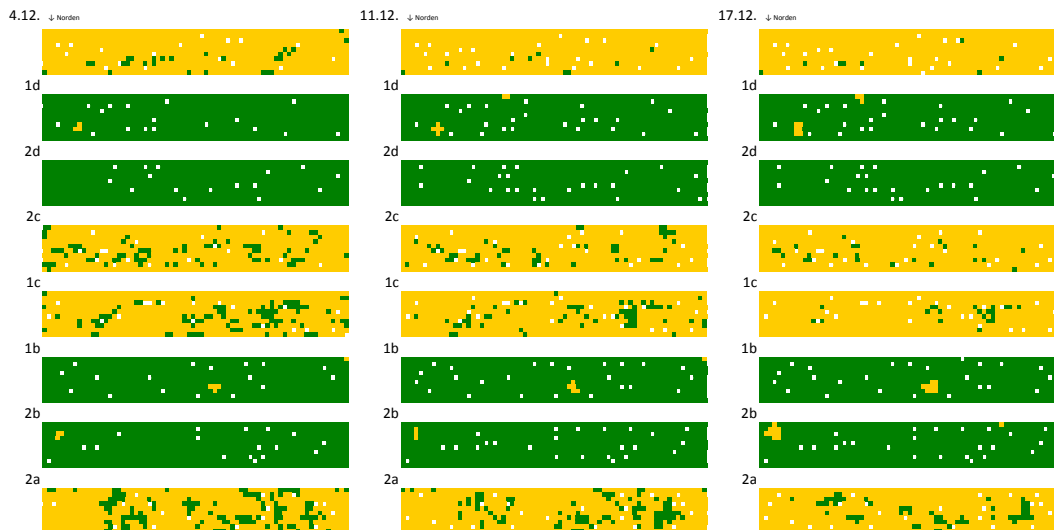


Abbildung 12: Einfluss der Bodendämpfung auf die zeitliche Entwicklung der Symptomausprägung von Gelbe Welke an Feldsalat mit Var. 1: unbehandelte Kontrolle und Var. 2: Dämpfung; (Varianten mit unterschiedlichen Buchstaben sind statistisch unterscheidbar, Kruskal-Wallis-Test;  $\alpha \leq 0,05$ )





**Abbildung 13: Flächenmäßige Verteilung des Symptoms der Gelben Welke an Feldsalat im Laufe der Pflanzenentwicklung (Var. 1: unbehandelte Kontrolle, Var. 2: mit Dämpfung; □ Pflanzenentnahme, ■ symptomfrei, ■ Gelbe Welke)**

## Fazit

Wie erwartet war die Bodendämpfung aufgrund der hohen Einwirktemperaturen noch effektiver in der Bekämpfung der Gelben Welke als die Solarisation. Allerdings können hier noch keine Aussagen darüber getroffen werden, wie lange die Wirkung anhält. Bei einem zweiten Satz Feldsalat (Mitte Januar bis Mitte März) traten auch auf den Kontrollflächen keine Gelbe Welke Symptome auf. Berichte aus der Praxis deuten darauf hin, dass lediglich für maximal zwei Sätze oder ein Jahr mit einer Wirkung zu rechnen ist. Des Weiteren stehen der Wirkung gegen Gelbe Welke die Kosten sowie verschiedene Nebenwirkungen (Bodenphysik, -chemie und Mikroflora) gegenüber, welche durch die Bodendämpfung verursacht werden.

### 3.1.5 Ursachenfindung

Da durch die Solarisation Pathogene im Boden abgetötet oder soweit gehemmt werden, dass eine Symptomausprägung unterbleibt, besteht eine große Wahrscheinlichkeit durch Analysen des Metaboloms (Gesamtheit aller Stoffwechselprodukte) und des Metagenoms (Gesamtheit der genomischen Information der Mikroorganismen) Unterschiede in der mikrobiellen Zönose und im Metabolitenbesatz zwischen solarisierten und nicht solarisierten Böden zu finden. Bisherige Untersuchungen im Zusammenhang mit Gelber Welke an Feldsalat deuten ebenfalls auf veränderte Prozesse in der direkten Umgebung der Pflanzenwurzeln (Rhizosphäre) hin. Durch Analyse des Rhizobioms und der Mikroorganismen soll gezeigt werden, ob Feldsalat in eine Interaktion mit seiner Rhizosphäre tritt, und dabei – anstelle der förderlichen Beeinflussung der Mikroorganismenzusammensetzung über Exometabolite und Mucilage – evtl. pathogene Mikroorganismen oder welche mit pathogenen Exometaboliten fördert. Es ist zu klären, ob ein „Rhizosphären-Effekt“ (Sasse et al., 2018), also der Unterschied im Genom zwischen Rhizosphäre und dem umgebenen Boden bei Feldsalat besteht. Über eine Zeitreihenanalyse 2018 (regelmäßige Beprobung nach Pflanzung des Feldsalates in symptomatischen und asymptomatischen Flächen) wurde untersucht, ob dieser Effekt zu einem bestimmten (frühen) Entwicklungsstadium oder mit einer bestimmten Verweildauer im

Boden auftritt. Konkret wurde untersucht, ob a) sich die mikrobielle Gemeinschaft über den Kulturzeitraum (mit der Symptomentwicklung) ändert, b) Änderungen sowohl im Boden, der Rhizosphäre als auch der Pflanze vorkommen und c) die Änderungen auf die Solarisation oder die Entwicklung der Gelben Welke zurückzuführen sind. Es wurde angestrebt auf diesem Wege potentielle Erreger der Symptomatik der Gelben Welke zu identifizieren. Durch die mögliche Identifizierung könnte in der Folge in weiteren Projekten eine zielspezifischere Bekämpfung entwickelt werden.

### **Metagenomanalyse**

Ein Großteil aller Bakterien und Pilze kann nicht auf spezifischen Medien isoliert, kultiviert und anschließend analysiert werden. Deshalb werden zur Beschreibung von mikrobiellen Gemeinschaften mittlerweile häufig metagenomische Analysen angewendet. Dabei werden bakterielle Organismen hauptsächlich über die ribosomale 16S rDNA charakterisiert. Pilze sowie Oomyceten werden dagegen jeweils über unterschiedliche ITS-Genregionen (ITS = internal transcribed spacer) bestimmt.

Im Jahr 2017 und 2018 wurden aus dem Solarisationsversuch aus zwei Varianten (Kontrolle und lange Solarisierung) Proben entnommen. 2017 erfolgte die Probennahme von Bodenproben an zwei Terminen (vor der Pflanzung und ab Beginn der Symptomausprägung). Zusätzlich wurden gegen Ende der Kulturzeit Wurzelproben gewonnen. Eine Übersicht über die Proben aus dem Jahr 2017 gibt Tabelle 4. Im Jahr 2018 wurden eine Zeitreihenanalyse an insgesamt acht Terminen Proben aus dem Boden, der Rhizosphäre sowie von Blättern vorgenommen. Eine Übersicht über die Proben aus dem Jahr 2018 gibt Tabelle 5.

Nach einer Aufbereitung der Proben und nach Isolation der Gesamt-DNA mittels PowerSoil DNA Isolation Kit (MoBio) wurden die Proben mittels der MiSeq Technologie (Illumina Inc.) durch die Firma GenomeQuebec, Kanada bzw. Macrogen in Seoul, Korea sequenziert. Die grundlegende bioinformatische Auswertung erfolgte für die Pilze und Bakterien beim Canadian Centre for Computational Genomics (C3G). Dazu wurden die Sequenzen mittels BLAST (basic local alignment search tool) gegen die NCBI- Datenbank abgeglichen. Die erhaltenen Daten wurden anschließend visuell und statistisch bezüglich ihrer taxonomische Zusammensetzung mit der online Software MicrobiomeAnalyst (a web-based tool for comprehensive statistical, visual and meta-analysis of microbiome data) ausgewertet. Zunächst erfolgte eine visuelle Auswertung der Vorkommen in bestimmten taxonomischen Levels anhand von Balkendiagrammen der einzelnen Profile. Die Alpha-Diversität (nach Chao) wurde verwendet um die Diversität innerhalb einer Probe oder innerhalb der Varianten zu bewerten. Um die Varianz der Metagenome und den Einfluss von Solarisation und der Gelben Welke zu ermitteln, wurde eine sog. nichtmetrische Multidimensionale Skalierung (NMDS) durchgeführt und zwar für Bakterien, Pilze und Oomyceten getrennt. Dabei stellt die Beta-Diversität den expliziten Vergleich der mikrobiellen Gemeinschaften zwischen den beiden Varianten dar, welcher auf der Grundlage des Abstands bzw. der Unähnlichkeit kalkuliert wird.

**Tabelle 4: Zuordnung der Probenbezeichnungen und der Probenparameter bei der Metagenom- und Metabolomanalyse 2017.**

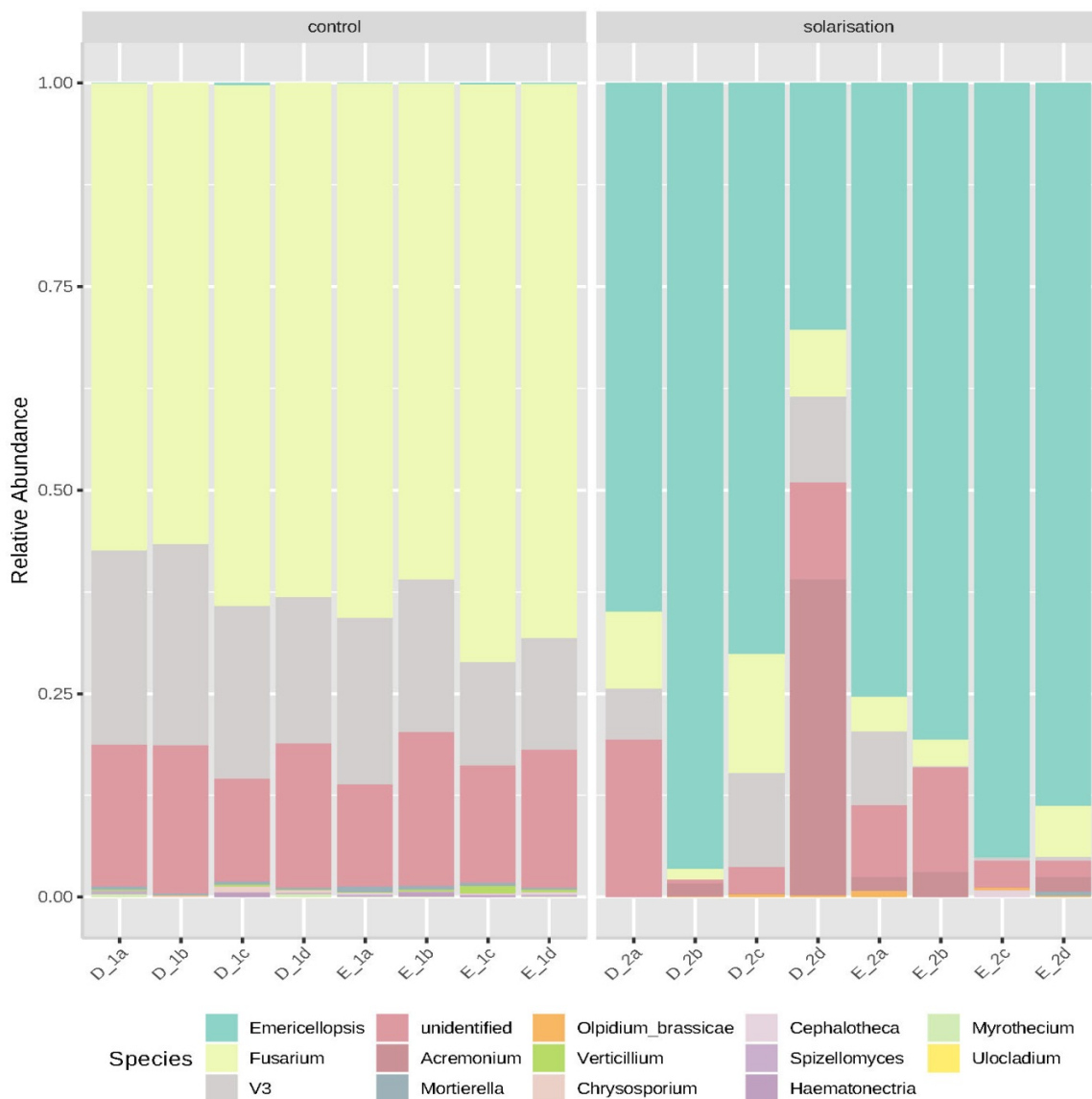
Probe Metagenom Pilze	Probe Metagenom Bakterien	Probe Metabolom	Datum	Behandlung	Probentyp
A_1	D_1	control_oct	20.10.2017	Kontrolle	Boden
A_2	D_2	sol_oct	20.10.2017	Solarisation	Boden
B_1	E_1	control_nov	24.11.2017	Kontrolle	Boden
B_2	E_2	sol_nov	24.11.2017	Solarisation	Boden
C_1	F_1		15.12.2017	Kontrolle	Wurzeln
C_2	F_2		15.12.2017	Solarisation	Wurzeln

**Tabelle 5: Zuordnung der Probenbezeichnungen und der Probenparameter bei der Metagenomanalyse 2018**

Proben	Behandlung	Probentyp	Datum	Symptomausprägung
H3con_sA	Kontrolle	Boden	22.10.2018	
H3sol_sA	Solarisation	Boden	22.10.2018	
H3con_rB	Kontrolle	Rhizosphäre	07.11.2018	
H3sol_rB	Solarisation	Rhizosphäre	07.11.2018	
H3con_rC	Kontrolle	Rhizosphäre	23.11.2018	
H3sol_rC	Solarisation	Rhizosphäre	23.11.2018	
H3con_rD	Kontrolle	Rhizosphäre	03.12.2018	
H3sol_rD	Solarisation	Rhizosphäre	03.12.2018	
H3con_rE	Kontrolle	Rhizosphäre	10.12.2018	
H3sol_rE	Solarisation	Rhizosphäre	10.12.2018	
H3con_sE	Kontrolle	Boden	10.12.2018	
H3sol_sE	Solarisation	Boden	10.12.2018	
H3con_rF	Kontrolle	Rhizosphäre	07.01.2019	
H3sol_rF	Solarisation	Rhizosphäre	07.01.2019	
H3sol_rF_w	Solarisation	Rhizosphäre	07.01.2019	w
H3con_pG	Kontrolle	Pflanze	21.01.2019	
H3sol_pG	Solarisation	Pflanze	21.01.2019	

Analyse der pilzlichen Gemeinschaft:

Im **Jahr 2017** ergaben sich nach verschiedenen Filterschritten insgesamt 1.487.704 identifizierte Sequenzen, d. h. durchschnittlich 61.987 Sequenzen pro Probe. Die beiden Varianten (Kontrolle und Solarisierung) unterscheiden sich sowohl in der Zusammensetzung als auch der Diversität der Gruppe der Pilze. Bereits bei der Betrachtung des relativen Vorkommens der einzelnen Pilz-Gattungen ist in Abbildung 14 ein Unterschied zwischen den beiden Varianten Solarisation und Kontrolle ersichtlich. Die pilzliche Diversität auf Art-Ebene, welche in Abbildung 15 anhand des Chao Indexes dargestellt ist, ist in den Kontrollproben signifikant höher als bei den Proben der solarisierten Flächen (p-value: 2.1715e-06; [T-test] statistic: 8.3271). Dieser Effekt ist unter anderem auf die Bodenerwärmung und der damit einhergehenden Abtötung verschiedener temperaturempfindlicher Mikroorganismen zurückzuführen. Mittels NMDS (Abbildung 16) konnte ebenso ein signifikanter Unterschied in der Zusammensetzung der Metagenome der beiden Varianten aufgedeckt werden (F-value: 86.222; R<sup>2</sup>: 0.86031; p-value < 0.002).



**Abbildung 14: Relatives Vorkommen von Pilzen in den einzelnen Bodenproben des Versuchsjahres 2017 auf der Gattungs-Ebene.**

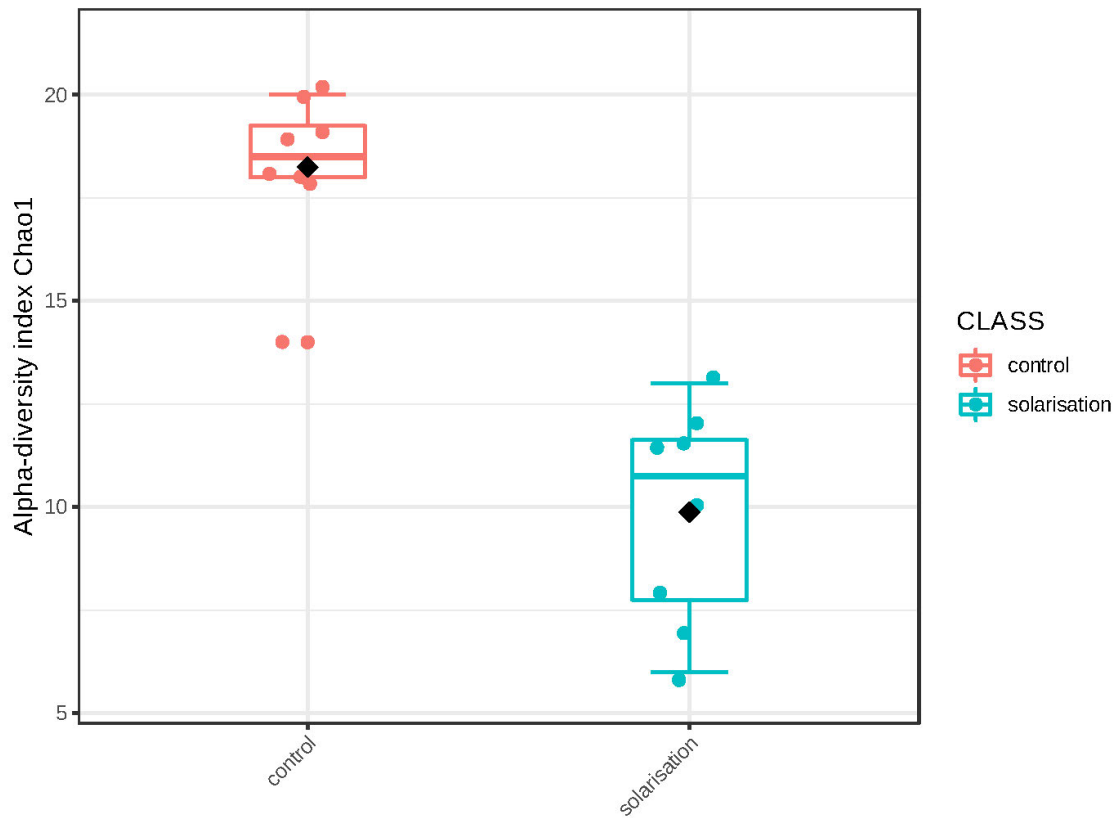


Abbildung 15: Alpha-Diversitäts-Index nach Chao der pilzlichen Gemeinschaft für die beiden Varianten Kontrolle und Solarisation im Versuchsjahr 2017.

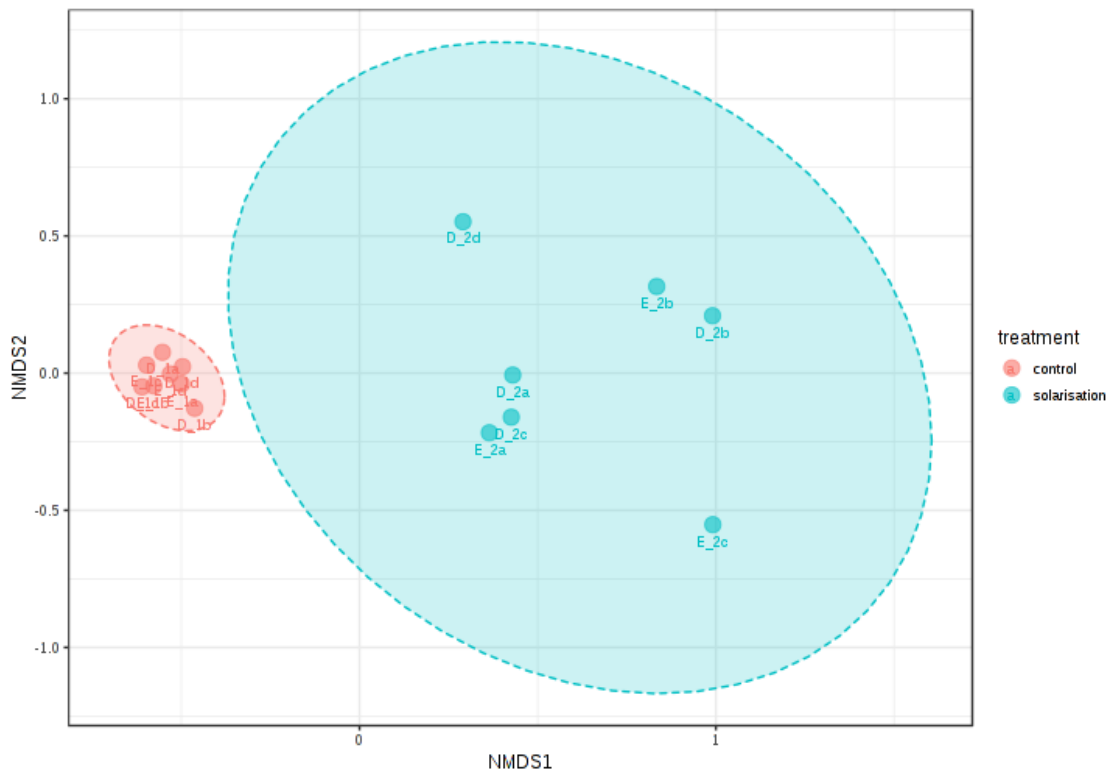
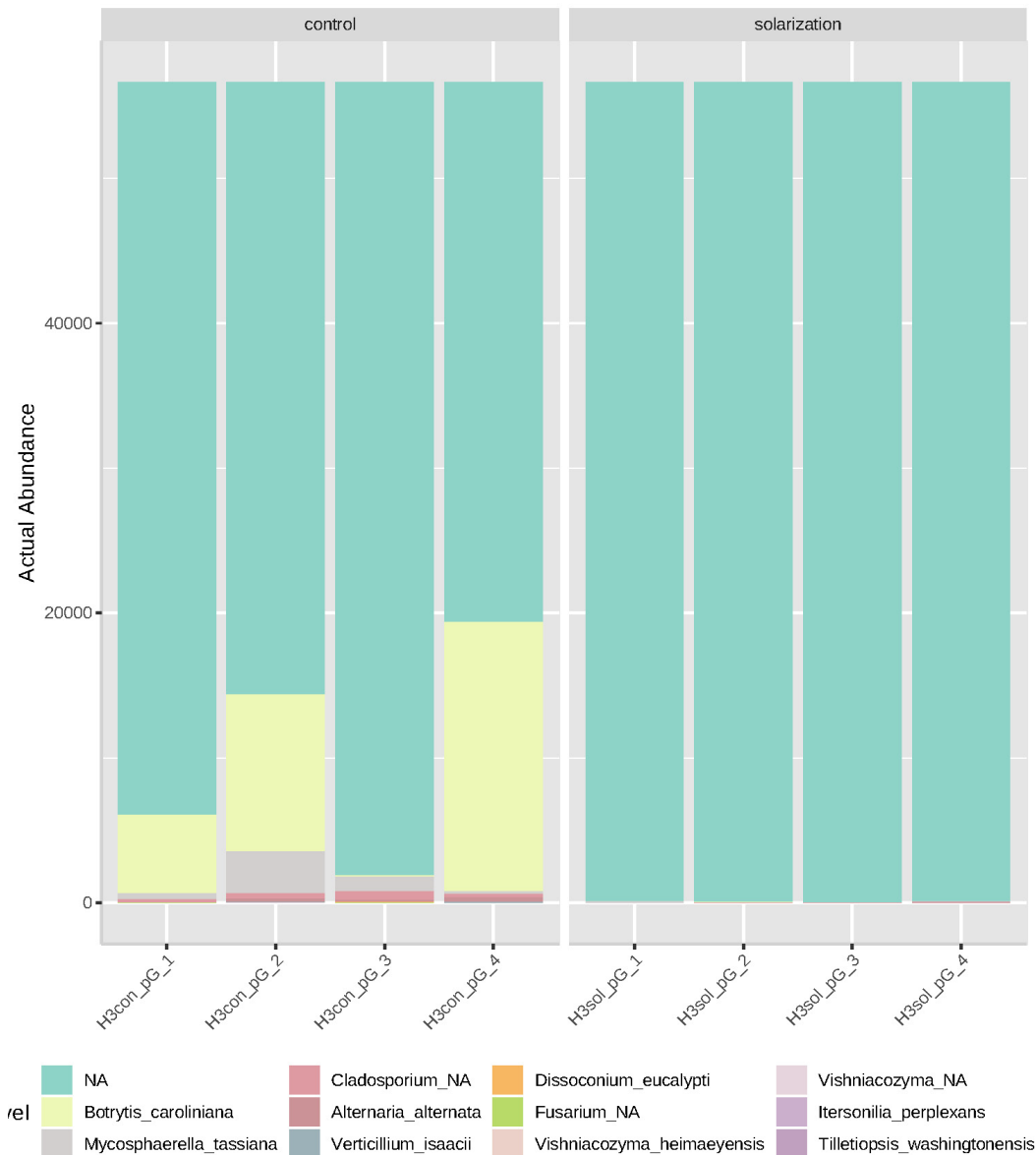


Abbildung 16: Beta-Diversitäts-Profil mittels Bray-Curtis Index der pilzlichen Gemeinschaft für die Bodenproben der beiden Varianten Kontrolle und Solarisation im Versuchsjahr 2017.



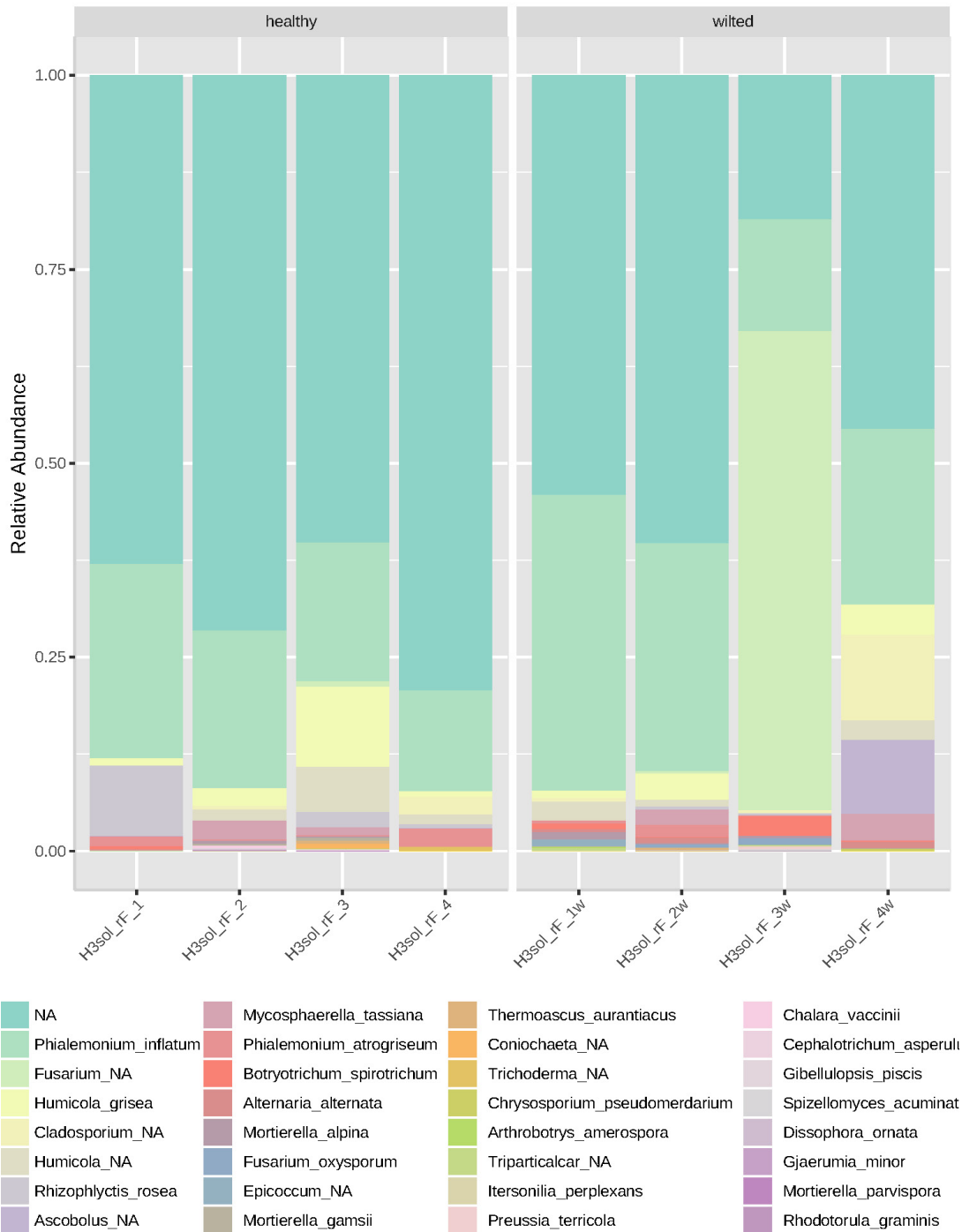
Unter anderem wurden in den Kontrollproben mehr Sequenzen gefunden, die z. B. *Fusarium* und *Verticillium* zugeordnet werden konnten. In den solarisierten Flächen wurde z.B. mehr Sequenzen der Gattung *Emericellopsis* gefunden, zu denen auch *Acremonium* als potentieller Antagonist zählt. Dieser Unterschiede können aufgrund der Temperaturerhöhung durch die Solarisation entstanden sein oder auf die Gelbe Welke zurückzuführen sein. *Fusarium* war auch schon in vergangenen Analysen auffällig und wurde noch mal genauer betrachtet. Es konnte jedoch bei erneuten Untersuchungen weder in den Feldsalatpflanzen noch im Boden *Fusarium* gefunden werden. *Pythium* gehört als Oomycet nicht zu den Echten Pilzen sondern zu den Eipilzen und wurde deshalb bei dieser Analyse nicht erfasst, sondern in einer separaten Analyse im Jahr 2018 untersucht.



**Abbildung 17: Relatives Vorkommen von Pilzen in den gesunden (solarization) und symptomatischen (control) Pflanzenproben des Versuchsjahres 2018 auf der Art-Ebene.**

Im **Jahr 2018** ergaben sich bei den Bodenproben vergleichbare Ergebnisse wie bei den Analysen der Bodenproben im Jahr 2017. Auch hier unterscheiden sich die beiden Varianten (Kontrolle und Solarisierung) sowohl in der Zusammensetzung als auch der Diversität der Gruppe der Pilze. Bei der Betrachtung der Rhizosphärenproben in der Zeitreihenanalyse konnte kein Kandidat ausgemacht

werden, welcher zum Ende der Kultur und damit mit zunehmender Symptomausprägung vermehrt auftritt. Bei der Analyse von Feldsalatpflanzen (Abbildung 17) trat an symptomatischen Pflanzen der Kontrollflächen mehr *Botrytis* (+ *Mycosphaerella* als direkter Antagonist von *Botrytis*) auf als an den gesunden Pflanzen der solarisierten Flächen. Pilze der Gattung *Botrytis* sind bedeutende Phytopathogene, die hohen Schaden an vielen wichtigen Agrarerzeugnissen verursachen. Dennoch ist in diesem Fall davon auszugehen, dass der Pilz als Sekundärbefall aufgrund der Schwächung der Pflanze durch die Gelbe Welke aufgetreten ist.



**Abbildung 18: Relatives Vorkommen von Pilzen in Rhizosphärenproben von kranken (wiltet) und gesunden (healthy) Pflanzen auf solarisierten Flächen des Versuchsjahres 2018 auf der Art-Ebene.**

Bei der Untersuchung von Rhizosphärenproben von kranken und gesunden Pflanzen auf solarisierten Flächen ergaben sich die in Abbildung 18 dargestellten relativen Vorkommen von Pilzen in den einzelnen Proben. Dabei tritt wie schon in den Bodenproben im Jahr 2017 beschrieben die Pilzgattung *Fusarium* vermehrt auf. Aufgrund dessen wurde mittels LEfSe (Linear discriminant analysis Effect Size) untersucht, ob *Fusarium* als Biomarker zwischen kranken und gesunden Pflanzen genutzt werden kann. Dieser Test ermittelt durch die Kopplung von Standardtests für statistische Signifikanz mit zusätzlichen Tests für biologische Konsistenz und Wirkungsrelevanz Merkmale, welche die Unterschiede zwischen den beiden Varianten am wahrscheinlichsten erklären. Potentielle Biomarker sollten dabei einen Wert größer als zwei (LDA-score > 2) haben. Biomarker sind biologische Merkmale, die objektiv gemessen und bewertet werden können und als Anzeiger für biologische Prozesse oder Krankheitszustände herangezogen werden können. Im Falle der Gelben Welke ist also zunächst nicht klar, was der Verursacher dieser Krankheit ist. Mit großer Wahrscheinlichkeit kann aber *Fusarium* ein Anzeichen für die Entwicklung der Krankheit sein (Abbildung 19). Dieses Ergebnis sowie die Ergebnisse von 2017 weisen darauf hin, dass *Fusarium* im Zusammenhang mit der Gelben Welke steht und möglicherweise Teil eines Erregerkomplexes ist, welcher die Krankheit im Endeffekt auslöst.

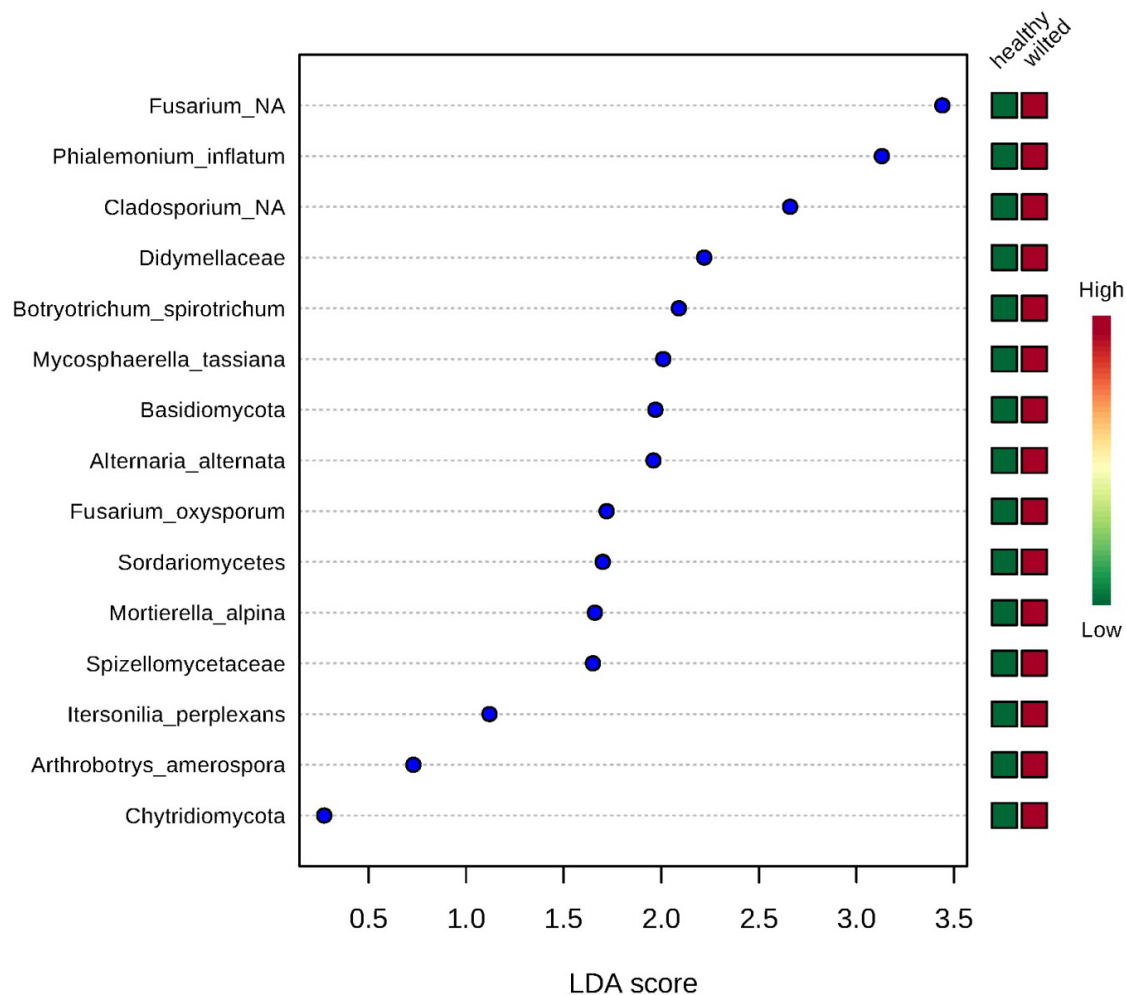
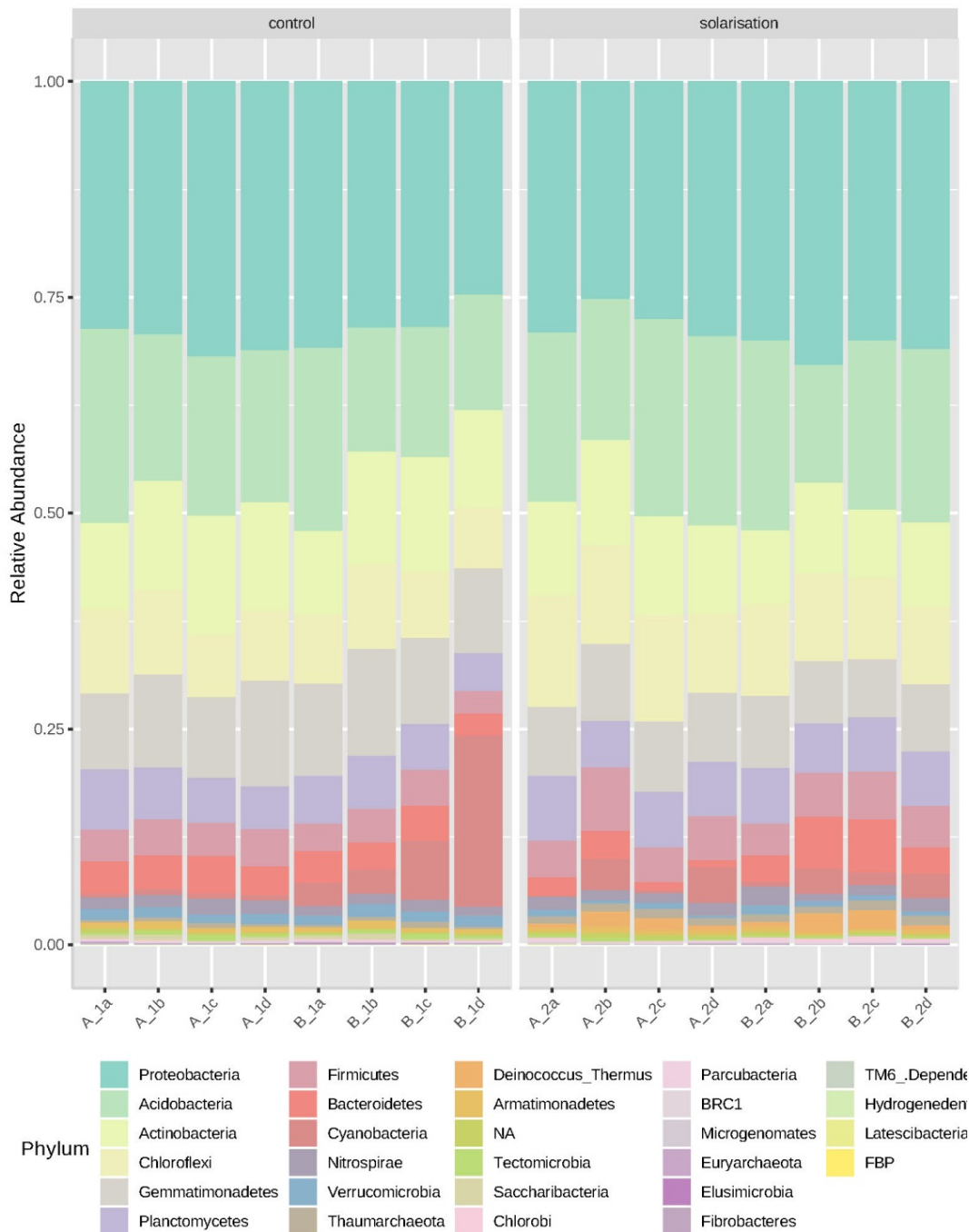


Abbildung 19: Biomarker-Analyse mittels LEfSe (Linear discriminant analysis Effect Size).

Analyse der bakteriellen Gemeinschaft:

Die beiden Varianten (Kontrolle und Solarisierung) sind in der Zusammensetzung der bakteriellen Gemeinschaft, also bei dem relativen Vorkommen von Bakterien auf Phylum-Ebene, weniger unterscheidbar als bei der pilzlichen Gemeinschaft (Abbildung 20). Der signifikante Unterschied im alpa-diversity-Index nach Chao ([T-test] statistic: 6.0181; p-value: 3.1618e-05) weist dennoch darauf hin, dass ein Unterschied in der Gemeinschaft/Diversität vorliegt. Viele Bakterien werden erst bei sehr hohen Temperaturen (über 70 °C) abgetötet. Dennoch ist nicht ausschließbar, dass die Solarisation diesen Effekt hervorgerufen hat. Mögliche bakterielle Verursacher konnten anhand von Mustern im Vorkommen in der Gruppe der primären Pflanzenpathogenen nicht gefunden werden.



**Abbildung 20: Relatives Vorkommen von Bakterien in den einzelnen Bodenproben auf Phylum-Ebene**

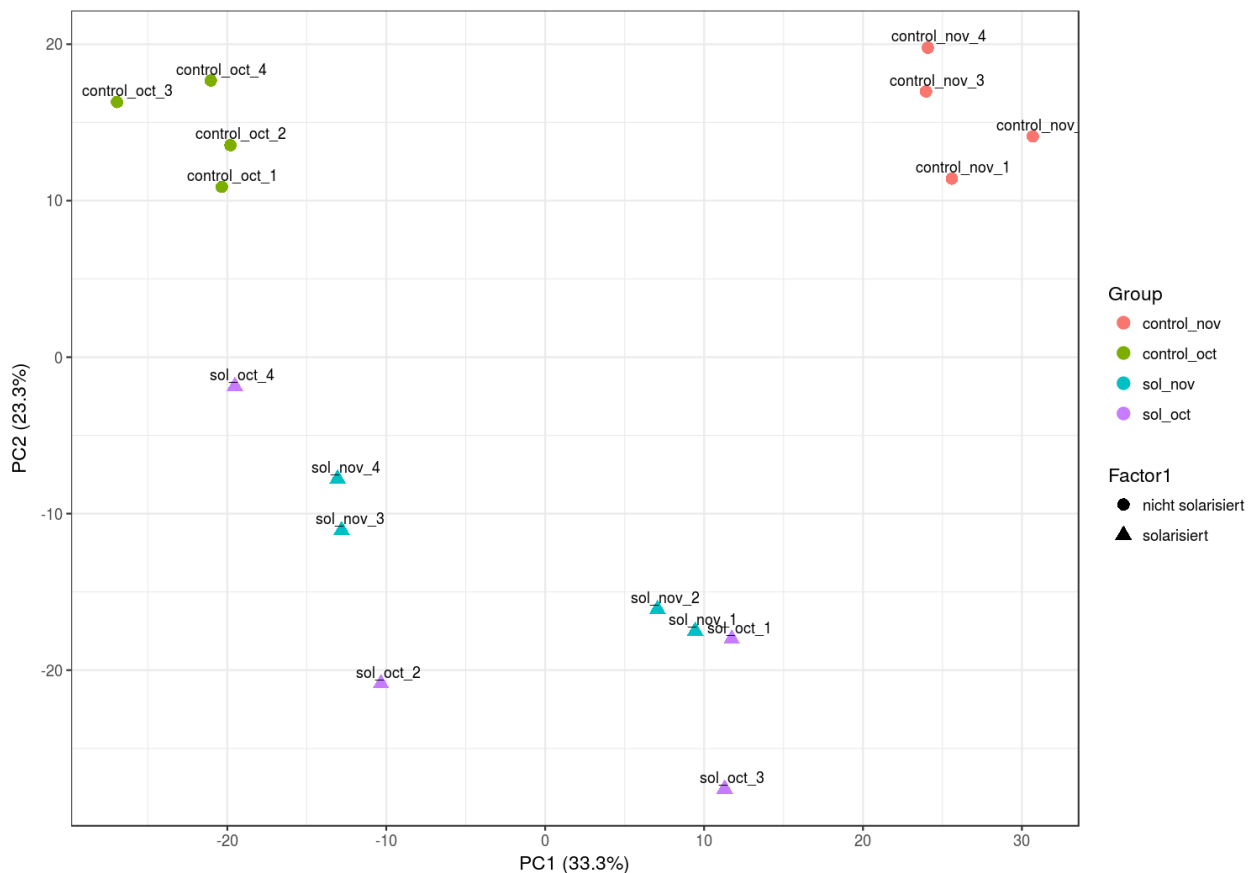
### Analyse der Gemeinschaft der Oomyzeten (Eipilze)

Ergänzend zur Analyse der mikrobiellen Gemeinschaft von Pilzen und Bakterien wurde eine Metagenomanalyse zur Diversität und Vorkommen von Oomyzeten (Eipilzen) in Bodenproben der Versuchsflächen durchgeführt. Oomyzeten wie *Pythium* werden Berichten französischer Wissenschaftler zufolge in den direkten Zusammenhang mit Gelber Welke gebracht (Nododus, 2016). Für die Sequenzierung wurden die von Bakker et al. (2017) beschriebenen Primer ITS6 (5'-GAA GGT GAA GTC GTA ACA AGG-3') und ITS7 (5'-AGC GTT CTT CAT CGA TGT GC-3') verwendet.

Die Ergebnisse der Analysen zeigen ein vermehrtes Auftreten verschiedener *Pythium*-Arten in den unbehandelten Flächen, auf denen Gelbe Welke auftritt. Dahingegen ist auf den solarisierten Flächen sowohl die Zusammensetzung und als auch die Diversität der Gruppe der Oomyzeten insbesondere von *Pythium* signifikant reduziert. Bei dem direkten Vergleich von Rhizosphärenproben kranker und gesunder Pflanzen auf solarisierten Flächen zeigte insbesondere *P. abbapressorium* ein vermehrtes Auftreten in Zusammenhang mit der Symptomatik. Dieses Pathogen könnte ebenfalls ein Kandidat für einen Erregerkomplex als Ursache der Gelben Welke sein.

### Metabolomanalysen

Auch bei der Metabolom-Analyse zeigte sich mittels PCA (Principal component analysis) ein Unterschied im Metabolitenbesatz zwischen den beiden Varianten (control und sol). Die Gruppierung der beiden Varianten anhand der beiden Hauptkomponenten (PC1 und PC2) ist in Abbildung 21 zu erkennen.



**Abbildung 21: PCA (Principal component analysis) aller Bodenproben aus dem Versuchsjahr 2017 basierend auf ihrem Metabolitprofil**

Auf den Kontrollflächen ist zusätzlich auch ein Unterschied über die Zeit erkennbar (\_oct und \_nov), der darauf hindeutet, dass die Stoffwechselprodukte im Boden sich zusammen mit der Entwicklung der Gelben Welke verändern. Generell liegt bei den Proben der solarisierten Flächen eine höhere Varianz vor.

### 3.2 Beitrag der Ergebnisse zu den förderpolitischen Zielen

Die enge Zusammenarbeit zwischen Wirtschaft, Praxis, Beratung und Forschung durch Vertreter von Züchtungsfirmen, Feldsalatanbauern, LLH und HGU innerhalb der OG wurde innovative Bekämpfungsstrategien gegen die Gelbe Welke in Form von Solarisation und Dämpfung ermittelt ohne dabei auf den chemischen Pflanzenschutz zurück greifen zu müssen. Dadurch sind für die Praxis ein Aufrechterhalten der energiesparenden Winterkultur Feldsalat und damit die Sicherung des Deckungsbeitrages für die Intensivproduktion unter Glas gegeben. Damit hat das Projekt dem förderpolitischen Schwerpunkt "Entwicklung effektiver, umweltgerechter und/oder ökologischer Anbau- und Nutzungsverfahren, Verbesserung der Produktivität der Pflanzenproduktion und des Gartenbaus über standortangepasste Sorten, Düngung und Bodenbearbeitung" beigetragen. Darüber hinaus stellen ermittelten Bekämpfungsstrategien ebenfalls nutzbare Strategie für den Ökolandbau dar und sind so ein Beitrag zur Wertschöpfung von Agrarumweltmaßnahmen und unterstützen den nationalen Aktionsplan zum nachhaltigen Pflanzenschutz.

Durch die erweiterten OG-Treffen, den Workshop und die angestrebte Publikation wurde und wird das erlangte Wissen einem vielfältigen Publikum zugänglich gemacht. Dadurch wurde die Verbindung zwischen Praxis und Forschung gestärkt und eine schnellere und stärkere Überleitung wissenschaftlicher Erkenntnisse in die Praxis realisiert. Somit wurde das Ziel der europäischen Innovations Partnerschaften (EIP) erreicht, durch die Verbesserung der Zusammenarbeit zwischen Landwirten, Forschern, Beratern sowie Unternehmen des Agrarsektors einen Beitrag für eine wettbewerbsfähige, nachhaltig wirtschaftende Landwirtschaft zur Entwicklung und Umsetzung innovativer Problemlösungen zu leisten.

### 3.3 Erreichung der Ziele des Vorhabens

Im Zuge des Innovationsvorhabens wurden mit der Solarisation und der Bodendämpfung zwei wirksame Bekämpfungsstrategien ermittelt, welche den Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln umgehen. Durch die Bodenanalysen konnte die Ursachenfindung eingegrenzt werden. Auch wenn kein konkretes Pathogen identifiziert werden konnte, so wurde bestätigt, dass die Ursache bodenbürtig und biologischen Ursprungs ist. Die Analyseergebnisse weisen darauf hin, dass es sich um einen Erregerkomplex handelt. Des Weiteren wurde mit Hilfe der Bildung der OG durch einen kontinuierlichen Austausch mit der Praxis, der Beratung und der Industrie ein Netzwerk generiert werden, welches die aktuellen Entwicklungen und die Ergebnisse des Vorhabens stetig weiter kommuniziert. Auf diese Weise wurde auch für die Zukunft eine Austausch- und Kommunikationsplattform für den Umgang mit der Gelben Welke geschaffen und durch den Workshop am Ende des Projektes konkretisiert.

Aufgrund wirtschaftlicher und betriebsbedingter Gründe sowie personeller Kapazitäten bei den Praxisbetrieben bestand während des Vorhabens die Notwendigkeit der Anpassung einzelner Arbeitspakete sowie der Versuchspläne. Wissenschaftliche Gründe führten zu einer Anpassung der Analysemethoden. Aufgrund einer Betriebsübernahme einer Analysefirma konnten nicht alle

geplanten Analysen umgesetzt werden. Dies führte unter anderem dazu, dass das Ziel der Ursachenfindung für die Gelbe Welke an Feldsalat nicht abschließend erreicht werden konnte.

## 4 Ergebnisverwertung, Kommunikation und Verstetigung

### 4.1 Nutzen der Ergebnisse für die Praxis

Mit der Solarisation und der Bodendämpfung wurden zwei wirksame Bekämpfungsstrategien generiert, welche den Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln umgehen. Der Einsatz dieser Strategien in der Praxis muss betriebsspezifisch angepasst und arbeitstechnisch sowie wirtschaftlich überprüft werden. Durch die Erkenntnis, dass es sich um einen bodenbürtigen Erregerkomplex handelt, können frühzeitig Maßnahmen zur Verbreitung des Erregers auf den betriebszugehörigen Flächen ergriffen werden. Hierzu gehören entsprechende Hygienemaßnahmen sowie der Flächentausch mit anderen Kulturen, die auf nicht betroffenen Flächen angebaut werden.

### 4.2 Verwertung/Verbreitung und Nutzung der Ergebnisse

Der Informationspflicht auf der hochschuleigenen Webseite wurde nachgekommen. Darüber hinaus bestand regelmäßig Kontakt mit Gemüsebauberatern sowie Praktikern, denen die aktuellen Entwicklungen und Ergebnisse meist telefonisch oder per Mail berichtet wurden.

Auf den Tagungen fand ein Austausch über Gelbe Welke-Bekämpfung und -Erkundung mit Wissenschaftlern, Vertretung von Forschungs- und Lehranstalten und Anbauberatern außerhalb der OG statt. Alle Ergebnisse des Projektes wurden durch den Workshop einem breiten Publikum zugänglich gemacht und auf diesem Weg in die Praxis transportiert.

Des Weiteren wird angestrebt einen Artikel über die Ergebnisse der Metagenom-Analyse in einer wissenschaftlichen Zeitschrift zu publizieren.

#### **Vorstellung Veranstaltungen und Tagungen:**

- Hessischer Gemüsebautag am 27.01.2016 in Gernsheim
- Bundesberatertagung Gemüsebau, 8.-10. März 2016 in Grünberg (Poster)
- Fortbildung der Gartenbaufachleute im LLH (Vortrag) 12+13. Juli 2016 in Rauischholzhausen
- 60. Deutsche Pflanzenschutztagung. 20. - 23. Sept. 2016 in Halle/Saale (Poster)
- Fachbeiratssitzung 27. Sept. 2016 in Geisenheim (Vortrag)
- Koordinierungstagung Versuchswesen Gemüsebau in 11.+12. Okt. 2016 in Geisenheim (Vortrag)
- Bundesweiter Workshop für Operationelle Gruppen und IDL am 22./23. November 2016 in Bonn (Poster)
- Zweiter Bundesweiter Workshop für Operationelle Gruppen am 5./6. März 2018 in Weimar (Poster)
- Besuch Lettische Delegation in Geisenheim am 20.04.2017 (Vortrag)
- Tage der offenen Tür Hochschule Geisenheim am 02. und 03.09.2017 (mehrere Poster)

- IOBC-WPRS Meeting of the WG "Integrated Protection in Field Vegetables" in Salenstein, Switzerland vom 02. bis 06.10.2017 (Abstract sowie Vortragsfolien siehe Anhang)
- Tage der offenen Tür Hochschule Geisenheim am 07. und 08.09.2019 (Poster)

#### **Veröffentlichungen in Zeitschriften:**

- Gartenbauprofi, Monatsschrift für Obst, Gemüse und Zierpflanzen 3/2017, S. 30 (hier wurde der Abstract der Pflanzenschutztagung abgedruckt)
- Kaim E, Rondot Y, Mayer N, Zinkernagel J (2018): Gelbe Welke an Feldsalat – Thermische Behandlung vielversprechend, Bioland (6) S. 18
- Kurzbeitrag in dem Forschungsmagazin der Hochschule Geisenheim G-Forscht „Wie kommt es zur Gelben Welke an Feldsalat und was kann man dagegen tun? 2018 (1), S 31+52
- „Gelbe Welke immer noch rätselhaft“, ÖKomenischer Gärtnerbrief Nr. 05-2019, S. 36-38

#### **Workshop am 10. Juli 2019 in Geisenheim mit über 30 Teilnehmern und folgenden Inhalten:**

- Was ist los im Boden – Rhizosphärengemeinschaften (Einführungsreferat von Frau Dr. Anne Vortkamp)
- Gelbe Welke, was ist das? – Erkennen und Abgrenzen der Symptome (Norbert Mayer, HGU)
- Vorstellung der Umfrageergebnisse (Eike Kaim, HGU)
- Präsentation bisheriger Versuchsergebnisse im EIP-Projekt GeWeKom (Yvonne Rondot, HGU)

In drei Arbeitsgruppen wurden die folgenden Themen bearbeitet:

- unter welchen Bedingungen tritt Gelbe Welke auf
- experimentelle Ansätze für weitere Untersuchungen
- Bekämpfungsstrategien

Mit anschließender Vorstellung der Arbeitsergebnisse der Arbeitsgruppen und einer allgemeinen Diskussionsrunde.

Die Hochschule Geisenheim wird die gewonnenen Erkenntnisse des Projektes GeWeKom in ihre praxisorientierte Forschung und Lehre an der Hochschule integrieren. Zudem fließen die Erkenntnisse in die Ausbildung von gärtnerischen Berufsschülern sowie von Meisterschülern ein. Darüber hinaus werden die Ergebnisse durch den Internetauftritt der Hochschule Geisenheim und dem LLH verbreitet werden. Im Rahmen des Workshops für die gemüsebauliche Praxis sind die Erkenntnisse des Projekts an interessierte Betriebe und Berater aus dem gesamten Bundesgebiet weitergegeben worden.



### 4.3 Wirtschaftliche und wissenschaftliche Anschlussfähigkeit

Durch die ermittelten innovativen Bekämpfungsstrategien besteht weiterhin die Möglichkeit zur Kultivierung von Feldsalat, welche aktuell durch das Auftreten von Gelber Welke größtenteils unterlassen wurde oder existenzbedrohend war. Dabei muss im Anschluss an das Projekt die Strategie jeweils betriebsspezifisch angepasst und arbeitstechnisch sowie wirtschaftlich überprüft werden.

Wissenschaftlich muss der Fokus weiterer Forschung auf der Ursachenklärung liegen. Zur vollständigen Aufklärung bedarf es umfassender Analysen auf vielfältigen Flächen mit und ohne Gelber Welke. Grundlage wären neue Nachweisverfahren in der Molekularbiologie und die zukünftige Entschlüsselung von bisher noch unbekanntem Pathogenen. Der Workshop hat ergeben, dass ein weiterer Fokus auf der Interaktion zwischen Umweltbedingungen und dem Auftreten von Gelber Welke liegen sollte. Insbesondere ist hier von Interesse, warum Gelbe Welke bisher hauptsächlich im Gewächshaus und nicht im Freiland auftritt.

Da das Thema Gelbe Welke an Feldsalat auch international von Interesse ist, kann auf Grundlage der angestrebten Publikation die internationale Zusammenarbeit zur Bekämpfung und Identifizierung von Gelber Welke konkretisiert werden. Die Publikation der im Projekt erzielten Ergebnisse kann ebenfalls als Basis für eine weitere Antragstellung dienen.

## 5 Zusammenarbeit in der Operationellen Gruppe (OG)

### 5.1 Gestaltung der Zusammenarbeit

#### 5.1.1 Mitgliederliste

<b>Mitglieder:</b>				
1	Dr. Katharina Piel Hochschule Geisenheim Von-Lade-Str. 1, 65366 Geisenheim Hessen	06722 502 422 katharina.piel@hs- gm.de	Postdoc/Wissensch aftlerin	Hochschule
2	Prof. Dr. Jana Zinkernagel Hochschule Geisenheim Von-Lade-Str. 1, 65366 Geisenheim Hessen	06722 502 511 jana.zinkernagel@hs- gm.de	Institutsleiterin Gemüsebau	Hochschule
	Prof. Dr. Annette Reineke Hochschule Geisenheim Von-Lade-Str. 1, 65366 Geisenheim Hessen	06722 502 413 annette.reineke@hs- gm.de	Institutsleiterin Phytomedizin	Hochschule
3	Eike Kaim Hochschule Geisenheim Von-Lade-Str. 1, 65366 Geisenheim Hessen	06722 502 384 eike.kaim@hs-gm.de	Stellv. Institutsleiterin Institut für Betriebswirtschaft und Marktforschung	Hochschule

4	Frank Edel Gemüsering Südhessen GmbH Außerhalb - Oberster Rosenstock 1, 68623 Lampertheim Hessen	06206 15 62 72 f.edel@gemuesering.de	Betriebsleiter	Gartenbau
5	Heinz Schenck Gemüsebaubetrieb D & D Schenck GbR Homburger Landstr. 889, 60437 Frankfurt am Main Hessen	069 5071987 heinzschenck@gmx.de	Senior-Chef	Gartenbau
6	Thorsten Bauer Hazera Seeds GmbH Germany Griewenkamp 2, 31234 Edemissen Niedersachsen	0175 2208416 thorsten.bauer@hazera.com	Product Development Specialist	Saatgutzüchtung
7	Claudia Trübenbach Gemüse-Jungpflanzen-Betrieb Helmut Trübenbach Pflanzhof 1, 64404 Bickenbach Hessen	06257 3554 info@jungpflanzen-truebenbach.de	Gartenbauingenieur/ Geschäftsführung	Gartenbau/ Jungpflanzenproduktion
<b>assoziierte Partner:</b>				
1	Birgit Hagendorf-Mehr Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen Brentanostr. 9, 65366 Geisenheim Hessen	06722 502 865 birgit.hagendorf-mehr@llh.hessen.de	Fachgebietsleiterin Fachinformation Gartenbau	
2	Katharina Textor Enza Zaden An der Schifferstadter Str., 67125 Dannstadt-Schauernheim Rheinland-Pfalz	06231 941190 k.textor@enzazaden.de	Junior Breeder	
3	Andreas Becker Hild Samen GmbH Kirchenweinbergstr. 115, 71672 Marbach Baden-Württemberg	0173 736 6105 andreas.becker4@bayer.com	Beratung und Verkauf	
4	Hans-Georg Paulus Hessischer Gärtnereiverband e.V. An der Festeburg 33, 60389 Frankfurt Hessen	069 90 47 67 0 paulus@hgverband.de	Verbandsdirektor	

Aufgaben der Mitglieder:

Hochschule Geisenheim (Piel/Rondot, Zinkernagel, Reineke):

- Koordinierung  
Forschung und Durchführung von Versuchen

- Kommunikation
- Protokollierung
- Berichterstattung

Hochschule Geisenheim (Kaim):

- Konzeption und Durchführung der qualitativen Analyse der Problematik in Hessen auf Grundlage eines Fragebogens
- Durchführung eines Experten-Workshops mit Feldsalat-Anbauern zur Konzentration von möglichen praxisnahen Versuchsansätzen

Betriebe Edel und Schenck:

- Kontinuierliches Einbringen von Erfahrungen und Erkenntnissen in Bezug auf die Gelbe Welke Problematik
- Durchführung von Praxisversuchen
- Erprobung von Bekämpfungsstrategien

Jungpflanzen-Betrieb Trübenbach:

- Kontinuierliches Einbringen von Erfahrungen und Erkenntnissen in Bezug auf die Gelbe Welke Problematik
- Durchführung einer Belichtung der Jungpflanzen

Hazera Seeds:

- Wissen und Erkenntnisse in die OG spiegeln
- Durchführung von Laboruntersuchungen im firmeneigenen Phytolabor (z.B. Gegencheck-Analysen)

**Assoziierte Partner:**

LLH:

- Partner für praxisnahe Versuche
- Beratung bei Entwicklung neuer Strategien
- Beratung bei Erprobung von Bekämpfungsstrategien an mehreren Standorten
- Beratung der Praxis
- Kommunikation und Schnittstelle

Enza Zaden:

- Wissen und Erkenntnisse in die OG spiegeln

Hild Samen:

- Wissen und Erkenntnisse in die OG spiegeln

#### Hessischer Gärtnereiverband (HGV):

- Streuung der Ergebnisse bei den Mitgliedern in Hessen, aber auch darüber hinaus über den Zentralverband
- Streuung von im Laufe des Verfahrens entstehenden Fragen in der Praxis, um möglicherweise Ansätze und Anregungen für deren Beantwortung aus der Praxis zu erhalten

#### 5.1.2 Kompetenzen der Mitglieder

Die Operationelle Gruppe setzt sich zusammen aus Wissenschaftlern der Hochschule Geisenheim, Mitarbeitern des Landesbetriebs Landwirtschaft Hessen (LLH), der Betriebe Edel und Schenck, des Gemüse-Jungpflanzen-Betriebs Trübenbach, der Unternehmen aus dem Bereich Saatgutzüchtung Hazera Seeds GmbH, Enza Zaden und der Hild Samen GmbH und des Hessischen Gärtnereiverbands (HGV).

Das Institut für Gemüsebau in Person von Frau Prof. Dr. Jana Zinkernagel und das Institut für Phytomedizin in Person von Frau Prof. Dr. Annette Reineke der Hochschule Geisenheim besitzen die wissenschaftliche Expertise und Kompetenz mit entsprechender Forschungs- und Anbaustruktur im Unter-Glas-Anbau von Feldsalat und auf dem Gebiet der Phytomedizin und des Pflanzenschutzes. Frau Dr. Katharina Piel besitzt aufgrund dreijähriger intensiver Forschungsarbeit und zahlreichen Versuchen eine hohe Kompetenz auf dem Gebiet der Gelben Welke.

Das Institut für Betriebswirtschaft und Marktforschung der Hochschule Geisenheim in Person von Frau Eike Kaim besitzt die wissenschaftliche Expertise und Kompetenz auf dem Gebiet der gartenbaulichen Marktanalyse und Marktforschung für die Konzeption und Durchführung der quantitativen Erhebung zur Gelben Welke in Deutschland.

Vielfältige Erfahrungen und Kenntnisse aus langjährigem praktischen Anbau von Feldsalat und somit eine hohe fachliche Kompetenz werden durch den Betriebsleiter des Gemüsebaubetriebes Edel und den Seniorchef Schenck des Gemüsebaubetriebes D & D Schenck GbR in das Projektvorhaben eingebracht. Beide praktizieren eine integrierte Pflanzenproduktion, welche durch ihre QS-Zertifizierung nachgewiesen ist. Beide Betriebe setzen sich bereits seit vielen Jahren auch mit der Problematik der Gelben Welke an Feldsalat auseinander und kooperieren erfolgreich mit Beratung, Forschung und anderen Praxisbetrieben.

Frau Claudia Trübenbach vom Gemüse-Jungpflanzen-Betrieb Trübenbach verfügt über ein hohes Maß an Erfahrung und Wissen durch den Vertrieb von Feldsalat-Jungpflanzen und damit einhergehend durch den engen und ständigen Kontakt zu Betrieben der Primärproduktion.

Thorsten Bauer von der Hazera Seeds GmbH, Andrea Schieder von der Firma Enza Zaden und Andreas Becker von der Hild Samen GmbH werden ihre Kompetenzen in der Züchtung von Feldsalat-Genotypen und im Vertrieb von Feldsalat-Saatgut in das Vorhaben einfließen lassen.

Herr Dr. Jakob Bibo vom Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH) wird sein Wissen und seine Erfahrung aus der Beratung von Gemüsebaubetrieben in das Vorhaben einbringen. Frau Birgit Hagedorf-Mehr vom LLH bringt die Erfahrung aus vielen Jahren Versuchsdurchführung (Schwerpunkt Sortenversuche) mit Feldsalat im gewachsenen Boden ein. Im Rahmen der bundesweiten Koordinierung der Gemüsebauversuche unter Federführung des Verbandes der Landwirtschaftskammern betreut sie die Fachredaktion Feldsalat. Zudem wird der LLH das Vorhaben mit seiner fachlichen Kompetenz und Expertise in Bezug auf die Belichtung unterschiedlichster Kulturen begleiten.

Durch den HGV in der Person von Herrn Hans-Georg Paulus wird ein hohes Maß an Wissen und Erfahrung aus regelmäßigem Kontakt mit der Praxis eingebracht

#### 5.1.3 Zusammenarbeit:

Im Rahmen des Arbeitspaketes Zusammenarbeit fanden insgesamt fünf Treffen der Operationellen Gruppe (OG-Treffen) statt.

#### **OG-Treffen am 11.02.2016**

Frau Piel informierte über Bewilligung, Start und Details des Vorhabens, welche sich aus der Zusammenarbeit der OG und dem Innovationsvorhaben zusammensetzt und im Aktionsplan definiert wurden. Dabei wird kurz auf die Aufgaben der einzelnen Mitglieder und assoziierten Partner der OG eingegangen.

Des Weiteren erfolgte eine Feinabstimmung zum Arbeitspaket 1, der Ermittlung des Status quo zum Auftreten von Gelber Welke (in der Praxis) mittels einer Erhebung unter den Praxisbetrieben der Fokusgruppe. Das Konzept wurde von Frau Kaim vorgestellt und die genaue Umsetzung in der Gruppe diskutiert. Umsetzung und Ergebnisse sind unter Arbeitspaket 1 im zweiten Kapitel des Zwischenberichtes aufgeführt.

#### **OG-Treffen am 19.07.2016**

Die Resultate der Fragebogenerhebung wurden durch Frau Kaim erläutert (siehe Arbeitspaket 1). Von Seiten der OG-Partner werden auf Nachfrage durch Frau Kaim weitere Auswertungsmöglichkeiten vorgeschlagen.

Des Weiteren wurde der aktuelle in Geisenheim im Gewächshaus (Haus 5 des Instituts für Gemüsebau) laufende Versuch vorgestellt. Gegenstand ist die Wirkung einer Solarisation während der Vorkultur Tomate auf das Auftreten von Gelber Welke.

Die Feinabstimmung für „Belichtung der Jungpflanzen“ (AP 2) und für „Solarisation und Belichtung der Jungpflanzen“ (AP 4) entfiel, da der entsprechende Ansprechpartner für die in diesen Arbeitspaketen geplanten Versuche nicht an dem Treffen teilnehmen konnte.

#### **OG-Treffen am 07. Juni 2017**

Frau Rondot informierte über den aktuellen Stand des Projektes. Sie berichtet über die Ergebnisse der Versuche aus 2016 sowie die zeitlichen und inhaltlichen Planungen für 2017. Ein Austausch über aktuelle Entwicklungen sowie Ideen zu möglichen weiteren Versuchsfragen entsteht.

#### **OG-Treffen am 05.12.2017**

Frau Rondot informiert anhand des Zeitplans, welche Arbeiten dieses Jahr erledigt wurden und in welcher Phase die Versuche sich gerade befinden. Erste Zwischenergebnisse werden präsentiert und es wird über Verbesserungsmöglichkeiten bei den Versuchen diskutiert. Ein reger Austausch über Wärmebehandlungen des Bodens sowie weitere Auswertungs- und Analysemöglichkeiten im Zusammenhang mit der Gelben Welke entsteht.

Des Weiteren wurden die zeitlichen und inhaltlichen Planungen für 2018 vorgestellt. Frau Rondot informiert über ihre Elternzeit und den gestellten Verlängerungsantrag.

#### **OG-Treffen 12. März 2019**

Frau Rondot informierte über den aktuellen Stand des Projektes. Sie berichtet über die Ergebnisse der Versuche aus 2018 sowie die Ergebnisse der Analysen 2017. Des Weiteren wurden gemeinsam erste Inhalte und Konzepte für den Workshop im Sommer 2019 erarbeitet. Ein Austausch über aktuelle Entwicklungen bezüglich der Gelben Welke entstand.

#### **Zusammenarbeit bei der praktischen Umsetzung:**

Auf den halbjährlichen OG-Treffen wurden die Versuchspläne des jeweiligen kommenden Jahres besprochen sowie die erreichten Ziele und Ergebnisse berichtet. Die Versuchspläne wurden durch Diskussionen in der Gruppe neuen Erkenntnissen und Berichten aus der Praxis angepasst. Den betroffenen Betrieben wurden vor Versuchsbeginn die entsprechenden Versuchspläne sowie Informationen zum Ablauf und den Zuständigkeiten zur Verfügung gestellt. Weitere Absprachen erfolgten telefonisch, per Mail oder vor Ort. Bei Problemen wurde gemeinsam eine Lösung gesucht oder innerhalb der OG Hilfestellung geleistet. So konnte z.B. die Belichtung der Jungpflanzen im letzten Versuchsjahr in Gewächshäusern des LLH durchgeführt werden, weil die Belichtungsbedingungen im Betrieb Trübenbach aus versuchstechnischer Sicht nicht zufriedenstellend waren.

#### 5.2 Mehrwert des Formats einer OG

Durch den regelmäßigen Austausch über Inhalte und Ziele innerhalb der OG konnte eine schnelle Anpassung der Versuchsfragen an Praxiserfahrungen/-bedingungen erfolgen. Durch das Format der OG konnte ein kontinuierlicher Wissenstransfer zu den Stakeholdern bereits vor Veröffentlichung der Ergebnisse sichergestellt werden. Unterschiedliche Akteure aus Wissenschaft, Beratung und Praxis haben meist eine unterschiedliche Sichtweise und Herangehensweise. Diese neuen oder anderen Blickwinkel erschweren zwar, aber bereichern zugleich in einem hohen Maße den Ablauf und die eingesetzten Methoden zur Zielfindung.

#### 5.3 Weitere Zusammenarbeit

Es ist vorgesehen auch über das Ende des Projektes hinaus als kompetenter Kommunikations- und Ansprechpartner bei Fragen im Zusammenhang mit der Gelben Welke an Feldsalat zur Verfügung zu stehen. Eine konkrete weitere Zusammenarbeit innerhalb der OG in Form eines sich anschließenden Projektes ist im Moment nicht vorgesehen. Auf dem Weg, effektivere und targetspezifischere Bekämpfungsstrategien entwickeln zu können, glauben wir nur dann Fortschritte erzielen zu können, wenn die Ursachen und mögliche Pathogene identifiziert sind. Unsere intensiven Untersuchungen seit 2012 zu möglichen Pathogenen blieben bisher ohne Erfolg. Auch moderne molekularbiologische Verfahren halfen nicht, den Verursacher endgültig zu identifizieren. Mit dem derzeitigen Kenntnisstand und den vorhandenen Methoden schätzen wir die Chance sehr gering ein, in der Ursachenfindung weiterkommen zu können. Sollten sich neue (Analyse-)Ansätze finden, die es glaubhaft erscheinen lassen, mit der Ursachenfindung voranzukommen, wäre es denkbar ein neues Projekt auch mit der Unterstützung durch den Verband und den Berufsstand zu initiieren.

## 6 Verwendung der Zuwendung

Die Verwendung der Zuwendung ist in durch die Verwendungsnachweise VN1 bis VN5 dokumentiert. Vollständige Übersicht wird durch TVN 6 gegeben sein. Dieser beinhaltet die Verwendung im Einzelnen (inklusive Auflistung der wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises). Der Großteil der bewilligten Mittel (265.406,00 €) wurde für Personalausgaben, molekularbiologische Analysen und andere Sachkosten ausgegeben. Die Gesamtausgaben belaufen sich auf 178.869,03 €.

## 7 Schlussfolgerungen und Ausblick

Als ein Projekt der ersten EIP-Bewilligungsrunde bestand gerade zu Beginn des Vorhabens ein hoher administrativer Aufwand aufgrund noch nicht geklärter Vorgehensweisen bei Abrechnung, Berichterstattung und Änderungen im Projektverlauf. Aufgrund der nicht förderfähigen Mehrwertsteuer und der Gemeinkostenpauschale, welche bedingt ist durch die finalen Personalausgaben zu Projektabschluss, eignet sich das Format nicht unbedingt zur Generierung einer wissenschaftlich publizierbaren Innovation durch aufwendige wissenschaftliche Analysen. Dagegen zeichnet sich das EIP Agri-Format durch den Aufbau und die Förderung eines Netzwerkes zwischen Wissenschaft und Praxis aus, auf welches auch über das Projektende hinaus zurückgegriffen werden kann.

## 8 Literaturverzeichnis

- Bakker, M.G., Moorman, T.B., Kaspar, T.C., Manter, D.K., 2017. Isolation of Cultivation-Resistant Oomycetes, First Detected as Amplicon Sequences, from Roots of Herbicide-Terminated Winter Rye. *Phytobiomes Journal* 1, 24-35.
- Nododus, E., 2016. Dépérissement de la mâche (*Valerianella locusta*) en région nantaise: étiologie du dépérissement, caractérisation des Pythiacées impliquées et recherche de premières options de protection. . *Sciences agricoles*.
- Sasse, J., Martinoia, E., Northen, T., 2018. Feed Your Friends: Do Plant Exudates Shape the Root Microbiome? *Trends in Plant Science* 23, 25-41.