

## Maßnahmen zur Reduzierung von Pilzbefall bei Gartenkresse (*Lepidium sativum*) zur Gewinnung von erregerefreiem Saatgut im ökologischen Anbau

Measures to control fungal infestation on garden cress (*Lepidium sativum* L.) for production of pathogen-free seeds in organic farming

FKZ: 10OE115, 10OE116 und 10OE030

### Projektnehmer und Koordination des Verbundvorhabens (FKZ 10OE115):

Justus-Liebig-Universität Gießen  
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I  
Schubertstraße 81, 35392 Gießen  
Tel.: +49 641 9937-441  
Fax: +49 641 9937-449  
E-Mail: [secretariat.pflanzenbau@agrار.uni-giessen.de](mailto:secretariat.pflanzenbau@agrار.uni-giessen.de)  
Internet: <http://www.pflanzenbau-giessen.de>

### Autoren:

Honermeier, Bernd; Zeller, Stefanie; Blum, Hanna; Farahani-Kofoet, Roxana Djalali; Grosch, Rita

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft.

# Schlussbericht

zum

Verbundvorhaben mit dem Titel

## **Maßnahmen zur Reduzierung von Pilzbefall bei Gartenkresse (*Lepidium sativum* L.) zur Gewinnung von erregerefreiem Saatgut im ökologischen Anbau**

gefördert durch: Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 53168 Bonn  
AktENZEICHEN: 512-06.01.- 2810OE115

**BÖLN**

Bundesprogramm Ökologischer Landbau  
und andere Formen nachhaltiger  
Landwirtschaft

### **Zuwendungsempfänger:**

Justus-Liebig-Universität Gießen Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I;  
Kontakt: Prof. Dr. Bernd Honermeier, Förderkennzeichen: 2810OE115

Förderverein Ökoplant e.V.;  
Kontakt: Hanna Blum, Förderkennzeichen: 2810OE030

Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt e.V.;  
Kontakt: Dr. Rita Grosch, Förderkennzeichen: 2810OE116

**Projektdauer:** 01.10.2011 – 31.03.2014, verlängert bis 31.12.2014

Gießen, den 22. Mai 2015

## **Wissenschaftliche Bearbeiterinnen**

Stefanie Zeller (M.Sc.)

Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I;  
Professur für Pflanzenbau, Schubertstr. 81, D-35392 Gießen

Dr. Roxana Djalali Farahani-Kofoet

Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt e.V., Abteilung  
Pflanzengesundheit, Theodor-Echtermeyer-Weg 1, D-14979 Großbeeren

Ria Duensing (M. Sc.) und Hanna Blum (Dipl. Ing. Gartenbau)

Ökoplant e. V.

## **Projektpartner**

Bingenheimer Saatgut AG, Ökologische Saaten, Kronstrasse 24, D - 61209 Echzell-  
Bingenheim, Kontakt: Ragna Hinke

IDENTXX GmbH - Applied Molecular Biotechnology, Maybachstr. 50, D-70469  
Stuttgart, Kontakt: Dr. Frank Brändle

Praxisbetriebe Ökologischer Landbau

in den Bundesländern Hessen, Thüringen, Rheinland-Pfalz und Sachsen

Nähere Angaben: siehe Methoden-Beschreibung

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
Abbildungsverzeichnis .....	1
Tabellenverzeichnis .....	6
Abkürzungsverzeichnis .....	12
<b>1. Einführung .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1 Gegenstand des Vorhabens .....</b>	<b>14</b>
<b>1.2 Ziele und Aufgabenstellung des Projektes .....</b>	<b>15</b>
<b>1.3 Planung und Ablauf des Projektes.....</b>	<b>16</b>
<b>2. Wissenschaftlicher technischer Stand, an den angeknüpft wurde.....</b>	<b>21</b>
<b>3. Material und Methoden.....</b>	<b>25</b>
<b>3.1 Teil-Projekt Ökoplant e. V. (2810OE030).....</b>	<b>25</b>
3.1.1 Schaderreger-Monitoring .....	25
3.1.1.1 Beteiligte Betriebe.....	25
3.1.1.2 Beschreibung der Praxisflächen .....	26
3.1.1.3 Erfassung der Klimadaten .....	35
3.1.1.4 Schaderregerbonitur .....	36
3.1.1.5 Weitere Prüfmerkmale .....	37
3.1.1.6 Statistische Verrechnung der Daten .....	38
3.1.2 Grow-Out-Test im Freiland .....	38
3.1.3 Prüfung von Pflanzenschutz- und Pflanzenstärkungsmitteln .....	41
3.1.4 Beschreibung der Schadsymptome .....	46
<b>3.2 Teil-Projekt JLU Gießen (2810OE115).....</b>	<b>50</b>
3.2.1 Gefäßversuche .....	50
3.2.1.1 Gefäßversuche Saatzeiten .....	51
3.2.1.2 Gefäßversuche Saatgutbehandlung .....	52
3.2.1.3 Gefäßversuch Wachstumsbedingungen.....	54
3.2.2 Feldversuche .....	55
3.2.3 Evaluierung von Genbank-Akzessionen .....	57
3.2.4 Versuche mit Pflanzen-Extrakten und Stärkungsmitteln .....	58
3.2.5 DNA-Extraktion und AFLP-Analyse .....	59
3.2.6 Statistische Auswertungen .....	59

<b>3.3 Teil-Projekt IGZ (2810OE116)</b> .....	<b>60</b>
3.3.1 Entwicklung von PCR-gestützten Nachweisverfahren .....	60
3.3.2 Untersuchungen zur Biologie von <i>Perofascia lepidii</i> .....	64
3.3.3 Entwicklung einer Resistenzprüfmethode .....	66
3.3.4 Untersuchung der Resistenz von Kresse-Genotypen gegen <i>P. lepidii</i> .....	67
3.3.5 Untersuchungen zur Wirtsspezifität von <i>Perofascia lepidii</i> .....	67
3.3.6 Aufbau einer Stammsammlung von Isolaten und Pathogenitätsprüfung .....	67
3.3.7 Nachweis der Übertragung von <i>Perofascia lepidii</i> auf das Saatgut .....	68
3.3.8 Untersuchungen zur Kontamination des Bodens mit <i>Perofascia lepidii</i> mittels Grow-out Test .....	70
<b>4. Ergebnisse</b> .....	<b>71</b>
<b>4.1 Ergebnisse des Teil-Projekts Ökoplant (2810OE030)</b> .....	<b>71</b>
4.1.1 Monitoring .....	71
4.1.2 Allgemeine Angaben zum Kresseanbau .....	71
4.1.3 Kressevermehrungsflächen 2011 .....	72
4.1.4 Kressevermehrungsflächen 2012 .....	87
4.1.5 Kressevermehrungsflächen 2013 .....	96
4.1.6 Feld-Grow-Out .....	105
4.1.7 Einsatz von Pflanzenschutz- und pflanzenstärkenden Mitteln .....	116
<b>4.2 Ergebnisse des Teil-Projekts JLU Gießen (2810OE115)</b> .....	<b>122</b>
4.2.1 Evaluierung und Verwandtschaftsanalyse von Genbank-Akzessionen der Gartenkresse ( <i>Lepidium sativum</i> L.) .....	122
4.2.2 Ergebnisse der Keimungsversuche .....	123
4.2.2.1 Einfluss der Temperatur und des Substrates auf die Keimfähigkeit .....	123
4.2.2.2 Einfluss der Wasserdampfbehandlung (WD) auf die Keimfähigkeit.....	124
4.2.2.3 Einfluss der Wasserdampfbehandlung (WD) auf die Keimfähigkeit und Mehltau-Infektion unter Feldbedingungen.....	125
4.2.3 Analyse der Glukosinolate .....	125
4.2.4 Gefäßversuche zur Wirkung unterschiedlicher Saatzeiten .....	126
4.2.4.1 Saatzeitenversuch 2012 .....	126
4.2.4.2 Saatzeitenversuch 2013 .....	127
4.2.5 Gefäßversuche zum Einfluss der Saatgutbehandlung und Blattnässe .....	129
4.2.6 Feldversuche zum Einfluss der Pflanzendichte und Saatgutbehandlung .....	135
4.2.7 Gefäßversuche mit Pflanzen-Extrakten .....	143
4.2.8 PCR-Nachweis von Falschem Mehltau in Samenproben der JLU Gießen .....	144

<b>4.3 Ergebnisse des Teil-Projektes IGZ (2810OE116)</b> .....	<b>146</b>
4.3.1 Nachweis der Erreger mittels PCR-Analyse .....	146
4.3.2 Biologie von <i>Perofascia lepidii</i> .....	146
4.3.3 Resistenz von Kresse-Genotypen gegen <i>Perofascia lepidii</i> .....	154
4.3.4 Wirtspflanzenkreis von <i>Perofascia lepidii</i> .....	156
4.3.5 Aufbau einer Stammsammlung von Isolaten und Pathogenitätsprüfung .....	157
4.3.6 Übertragung von <i>Perofascia lepidii</i> auf das Saatgut.....	158
4.3.7 Nachweis von <i>Perofascia lepidii</i> im Boden .....	161
<b>5. Diskussion</b> .....	<b>165</b>
<b>5.1 Diskussion der Ergebnisse des Teil-Projektes Ökoplant</b> .....	<b>165</b>
5.1.1 Schaderregermonitoring .....	165
5.1.2 Symptome .....	165
5.1.3 Saatgut .....	166
5.1.4 Boden .....	167
5.1.5 Unkraut .....	168
5.1.6 Kulturführung .....	168
5.1.7 Pflanzenentwicklung .....	169
5.1.8 Standortfaktoren und Witterung.....	169
5.1.9 Grow Out .....	170
5.1.10 Einsatz von Pflanzenschutz- und pflanzenstärkenden Mitteln .....	171
<b>5.2 Diskussion der Ergebnisse des Teil-Projektes JLU</b> .....	<b>173</b>
<b>5.3 Diskussion der Ergebnisse des Teil-Projektes IGZ</b> .....	<b>178</b>
<b>6. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse</b> .....	<b>182</b>
<b>7. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen und weiterführende Fragestellungen</b> .....	<b>183</b>
Zusammenfassung .....	184
Literaturverzeichnis .....	187
Veröffentlichungen .....	191
Anhang .....	193
Anhang 1: Erfolgskontrollbericht .....	193
Anhang 2: Abbildungen und Tabellen.....	197

## Abbildungsverzeichnis

	Seite
<b>Abb. 1:</b> Lage der beteiligten Betriebe im Kresse-Schaderregermonitoring 2011-2013.....	25
<b>Abb. 2:</b> Vermehrungsfläche Betrieb Hessen Mitte mit Messpunkten, 2012.....	29
<b>Abb. 3:</b> Flächen des Betriebes Rheinland-Pfalz und des Betriebes Hessen West mit Messpunkten im Jahr 2012.....	30
<b>Abb. 4:</b> Vermehrungsflächen der Betriebe Thüringen 1 (links) und 2 (rechts), 2012.....	32
<b>Abb. 5:</b> Vermehrungsflächen 1 (4 ha) und 2 (23 ha) Betrieb Sachsen (links) und Betrieb Thüringen 1 (rechts, 40 ha), 2013 .....	33
<b>Abb. 6:</b> Vermehrungsflächen Betrieb Rheinland-Pfalz in Großholbach mit 5,6 ha (links) und Montabaur mit 4,2 ha (rechts), 2013 .....	33
<b>Abb. 7:</b> Vermehrungsflächen von Betrieb Hessen-West mit drei unterschiedlichen Saatgutherkünften mit 11, 19 und 21 ha, 2013 .....	34
<b>Abb. 8:</b> Temperatur- und Luftfeuchtlogger von Tinytag und Positionierung im Bestand.....	35
<b>Abb. 9:</b> Versuchsanlage Feld-Grow-Out bei Kresse, Versuchsplan: V1 = Variante 1 .....	40
<b>Abb. 10:</b> Typische Symptome von Falschem Mehltau im Rosettenstadium und zur Blüte .....	47
<b>Abb. 11:</b> Sporenrasen von Weißem Rost ( <i>A. lepidii</i> ) an Großblättriger Kresse.....	47
<b>Abb. 12:</b> Falscher Mehltau ( <i>Peronospora parasitica</i> ), links und Weißer Rost ( <i>Albugo candida</i> ) an Leindotter (Föllner, 2000) .....	47
<b>Abb. 13:</b> Echter Mehltau an Gartenkresse .....	49
<b>Abb. 14:</b> Rapsglanzkäfer an Gartenkresse .....	50
<b>Abb. 15:</b> Kohlblattwespenlarve an Kresse.....	50
<b>Abb. 16:</b> Versuchsdesign für den Feld-Grow-out Test mit sechs Saatgutchargen (1A, 2B, 3C, 6F, 8D, 9E).....	70
<b>Abb. 17:</b> Lufttemperatur (°C) in 5 cm (TMin) und 200 cm (mittlere Tages-Temperatur), im Zeitraum 01.04. bis 31.08.2011 in Friemar, 2011 .....	73
<b>Abb. 18:</b> Niederschläge (mm), im Zeitraum 01.04. bis 31.08.2011 in Friemar, 2011.....	73
<b>Abb. 19:</b> MP 3 (links) mit sehr starkem Befall und MP 1 (rechts) mit geringer Befallsstärke, Kressevermehrung, Betrieb Thüringen 1, 2011.....	75

<b>Abb. 20:</b> Lage der Kressevermehrungsfläche und Befallsstärke im oberen Pflanzenbereich, Betrieb 1, 2011 .....	76
<b>Abb. 21:</b> Lage der Kressevermehrungsfläche von Betrieb Hessen Mitte, 2011 .....	76
<b>Abb. 22:</b> Lufttemperatur (°C) in 5 cm (TMin) und 200 cm (mittlere TagesT), vom 07.04. (Aussaat) bis 12.08.2011 (Ernte) in Dillenburg, Betrieb Hessen Mitte, 2011 .....	77
<b>Abb. 23:</b> Niederschläge (mm) und Luftfeuchte in %, vom 07.04. (Aussaat) bis 12.08.2011 (Ernte) in Gladenbach, Betrieb Hessen Mitte, 2011 .....	77
<b>Abb. 24:</b> Lufttemperatur (°C) in 5 cm (TMinimum) und 200 cm (Mittlere TagesT), vom 29.04. (Aussaat) bis 20.08.2011 (nach Ernte) in Nastätten, 2011 .....	80
<b>Abb. 25:</b> Niederschläge (mm), vom 29.04. (Aussaat) bis 30.08.2011 (Ernte) in Hohenstein-Breithardt, 2011 .....	80
<b>Abb. 26:</b> Niederschläge in mm, vom 29.04. (Aussaat) bis 30.08.2011 (Ernte) in Nastätten, 2011 .....	81
<b>Abb. 27:</b> Lage der Vermehrungsflächen in Steckenroth: leichtes Gefälle entlang des blauen Pfeils mit einigen Senken im Feld. Neugesäte Spur= rote Linie, zur Abreife des Bestandes noch in Blüte, Falschem Mehltau, Betrieb Hessen West, 2011 .....	81
<b>Abb. 28:</b> Schadsymptome und Bestandesaufnahmen der Kressevermehrung in Michelbach und Steckenroth, Betrieb Hessen West, 2011 .....	86
<b>Abb. 29:</b> Temperatur (°C) im Bestand (Tinytag), Niederschlag (mm) Wetterstation DWD Gladenbach und relative Luftfeuchte (%) im Bestand (Tinytag) auf der Vermehrungsfläche Betrieb Hessen Mitte .....	88
<b>Abb. 30:</b> Niederschlag (mm), Wetterstation Weimar, relative Luftfeuchte (%), Wetterstation und bodennah, Lufttemperatur (°C) im Bestand und von Wetterstation, Vermehrungsfläche Betrieb Thüringen 2 .....	88
<b>Abb. 31:</b> Entwicklung der Kressepflanzen: drei Wochen (09.05.2012), sieben Wochen (13.06.2012) und elf Wochen nach der Aussaat (09.08.2012) Fläche Betrieb Hessen Mitte .....	89
<b>Abb. 32:</b> Pflanzenhöhe (cm) der Kresse über den Vegetationsverlauf, Betrieb Hessen Mitte, 2012 .....	90
<b>Abb. 33:</b> Pflanzenhöhe (cm) der Kresse über den Vegetationsverlauf, Betrieb Rheinland-Pfalz, 2012 .....	90
<b>Abb. 34:</b> Lage der Messpunkte auf der Vermehrungsfläche von Betrieb Thüringen 1 (links). Kornertrag am Messpunkt, hochgerechnet auf 1 ha (rechts).....	92
<b>Abb. 35:</b> Befallsbonitur von Symptomen des Falschen Mehltaus im oberen Pflanzenbereich ausgewählter Messpunkte in den Kressevermehrungsbeständen 2012 .....	94

<b>Abb. 36:</b> Entwicklung der Befallsstärke über den Vegetationszeitraum 2012 für den oberen, mittleren und unteren Pflanzenteil im Bestand. Mittelwerte aller sechs Vermehrungsflächen am jeweiligen Datum aus der Einzelpflanzenbeobachtung.....	94
<b>Abb. 37:</b> Bonitur der Symptome von <i>P. lepidii</i> in der oberen Pflanzenetage (Blüte bzw. Samenstand) während der Kultur im Bestand (blaue Säule) und Mittelwerte aus Einzelpflanzenbeobachtungen (rote Säule) auf den Vermehrungsflächen 2012 1 = Hessen Mitte, 2 = Rheinland-Pfalz, 3 = Hessen West links und rechts (4), 5 = Thüringen 1, 6 = Thüringen 2 .....	95
<b>Abb. 38:</b> Auffällige Konidien von Kohlschwärze ( <i>Alternaria brassicae</i> (A, B)) und pilzliche Sekundärinfektion (nicht näher bestimmt) (B, C, D) .....	96
<b>Abb. 39:</b> Phänologische Entwicklungsstadien (nach BBCH-Stadien Raps) der Kressepflanzen auf den zehn Vermehrungsflächen 2013. Angegeben sind jeweils Mittelwerte der Messpunkte (n=10). Die Linie beschreibt die Mittelwerte aller ermittelten BBCH-Werte am jeweiligen Beobachtungstermin.....	99
<b>Abb. 40:</b> Boniturnoten des Falschen Mehltau Befalls an den Messpunkten 8 bis 10 auf der Vermehrungsfläche von Betrieb Hessen West, WKBingenheim, 2013 .....	100
<b>Abb. 41:</b> Boniturnoten des Falschen Mehltau Befalls auf der Vermehrungsfläche von Betrieb Rheinland-Pfalz, Schlag Rbh an den Messpunkten 23, 24 (eigene Saatgutvermehrung) und 25 (Saatgut Nachbarbetrieb),2013 .....	100
<b>Abb. 42:</b> Zunahme der befallenen Pflanzen mit <i>P. lepidii</i> (%) auf einer Vermehrungsfläche.....	102
<b>Abb. 43:</b> Befallsverlauf in Abhängigkeit von der Temperatursumme auf der Vermehrungsfläche Sachsen 1.....	103
<b>Abb. 44:</b> Witterungsbedingungen während des ersten Feld-Grow-Out Tests von Kresse; Niederschlag (mm), Luftfeuchte (%), Temperatur in 2 m Höhe, 2014 .....	105
<b>Abb. 45:</b> Witterungsbedingungen während des zweiten Feld-Grow-Out Tests von Kresse; Niederschlag (mm), Luftfeuchte (%), Temperatur in 2 m Höhe, 2014 .....	106
<b>Abb. 46:</b> Bestandesklima (Temperatur °C und rel. Luftfeuchte %) während des 1. Feld-Grow-Out Tests von Kresse, 05.- 27.6.14, gemessen mit Tinytag-Sensoren .....	107
<b>Abb. 47:</b> Bestandesklima (Temperatur °C und rel. Luftfeuchte %) während des 2. Feld-Grow-Out Tests von Kresse, 10.07.-13.8.14, gemessen mit Tinytag-Sensoren .....	107
<b>Abb. 48:</b> Mittlere Pflanzenhöhe (cm) im Feld-Grow-Out-Test von Kresse im 1. Durchgang. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante	

	Unterschiede zum 1. Boniturtermin, Tukey $p < 0,05$ ; weitere Boniturtermine nicht signifikant.....	108
<b>Abb. 49:</b>	Mittlere Pflanzenhöhe (cm) im Feld-Grow-Out Test von Kresse im 2. Durchgang. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zum 1. Boniturtermin, Tukey $p < 0,05$ ; weitere Boniturtermine nicht signifikant.....	109
<b>Abb. 50:</b>	Kressepflanze mit auffallend gedrehtem Wuchs, Abschlußbonitur Feld-Grow-Out Test, 1. Durchgang.....	109
<b>Abb. 51:</b>	Mittlere Pflanzenhöhe (cm) von Kresse im Freilandversuch zu den letzten vier Boniturterminen, 2014, keine signifikanten Unterschiede, Tukey $p < 0,05$ .....	118
<b>Abb. 52:</b>	Sporenbelag von <i>Perofascia lepidii</i> an Kresse.....	119
<b>Abb. 53:</b>	Mittlerer prozentualer Anteil an Pflanzen mit deutlich auffälligen Krankheitssymptomen (Deformationen und Stauchungen) zur Abschlußbonitur, keine signifikanten Unterschiede (Tukey $p < 0,05$ ), dargestellt ist die Standardabweichung .....	121
<b>Abb. 54:</b>	Ergebnisse der genetischen Verwandtschaftsanalyse mittels AFLP (Amplified Fragment-Length Polymorphism) von 92 Kresse-Akzessionen ( <i>Lepidium sativum</i> L.) aus der Genbank des IPK Gatersleben .....	122
<b>Abb. 55:</b>	Unterschiedliche Abreife der Gartenkresse unter dem Einfluss verzögerter Aussaat im Saatzeitenversuch 2012, Einfache Kresse am 18.07.2012, (links: Stadium BBCH 84, Mitte: Stadium BBCH 83, rechts: Stadium BBCH 81).....	127
<b>Abb. 56:</b>	Infektion mit Falschem Mehltau (Mittelwerte pro Aussaat) während des Entwicklungsverlaufes der Gartenkresse im Saatzeitenversuch 2013.....	128
<b>Abb. 57:</b>	Korn-Ertrag (Mittel pro Aussaat) im Saatzeitenversuch 2013 (T-Standardfehler, $p < 0,01$ , $GD_{5\%} = 1,71$ g, unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten) .....	128
<b>Abb. 58:</b>	Infektion der Gartenkresse durch Falschen Mehltau zu Schoßbeginn (am 11. 07. 2012) in Abhängigkeit von den Wachstumsbedingungen („Boden k“ = kontaminiert, „feucht ab SB“ = Pflanzen feucht ab Schoßbeginn, „feucht bis SB“ = Pflanzen feucht bis Schoßbeginn, „normal“ = Freilandbedingungen, „trocken“ = Pflanzenoberfläche blieb ständig trocken), Saatgut "Einfache Kresse", Herkunft Marold 2011, ( $p$ -Wert: $< 0,001$ , $GD 5\%: 0,4$ ).....	129
<b>Abb. 59:</b>	Sporen und Sporenträger von <i>Perofascia lepidii</i> , 200-fache Vergrößerung.....	147

<b>Abb. 60:</b> Mit <i>Perofascia lepidii</i> befallene Gartenkressepflanzen 13 Tage nach Inokulation (dpi) des Erregers. ....	147
<b>Abb. 61:</b> Befallshäufigkeit (BH) des FM an Kresse in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium der Pflanze und der Inokulumsdichte (3 x 10 <sup>3</sup> , 3 x 10 <sup>4</sup> und 3 x 10 <sup>5</sup> Sporen ml <sup>-1</sup> ) von frischen (Abb. 4a) und gefrorenen (Abb. 4b) Sporen von <i>Perofascia lepidii</i> . BH 6, 8, 13 und 15 Tage nach Inokulation (dpi) des FM-Erregers.....	148
<b>Abb. 62:</b> Befallsstärke (BS) des FM an Kresse in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium der Pflanze und der Inokulumsdichte (3 x 10 <sup>3</sup> , 3 x 10 <sup>4</sup> und 3 x 10 <sup>5</sup> Sporen ml <sup>-1</sup> ) von frischen (Abb. 5a) und gefrorenen (Abb. 5b) Sporen von <i>Perofascia lepidii</i> . BH 6, 8, 13 und 15 Tage nach Inokulation (dpi) des FM-Erregers.....	149
<b>Abb. 63:</b> Einfluss der Temperatur nach der Inokulation von <i>Perofascia lepidii</i> (dpi) auf die Befallsstärke (BS) (a) und Befallshäufigkeit (BH) (b) des FM an der Kresse. ....	151
<b>Abb. 64:</b> Einfluss der Blattnässedauer (6, 8, 10, 12, 20 und 24 h) auf die (a) Befallshäufigkeit (BH) und (b) Befallsstärke (BS) des Falschen Mehltaus nach Inokulation von Kresse mit dem Erreger <i>Perofascia lepidii</i> (3x10 <sup>5</sup> Sporen ml <sup>-1</sup> ) 7, 9 und 14 Tage nach Inokulation dpi. ....	152
<b>Abb. 65:</b> Einfluss der Blattnässedauer (1, 2, 3, 4, 5, 6 und 0 h) auf die Befallshäufigkeit (BH) (a) und Befallsstärke (BS) (b) des Falschen Mehltaus nach Inokulation von Kresse mit dem Erreger <i>Perofascia lepidii</i> (3x10 <sup>5</sup> Sporen ml <sup>-1</sup> ) 7, 9 und 14 Tage nach Inokulation (dpi). ....	153
<b>Abb. 66:</b> Prüfung von <i>Lepidium</i> -Akzessionen auf Anfälligkeit gegen <i>Perofascia lepidii</i> in der Klimakammer.....	154
<b>Abb. 67:</b> Befallshäufigkeit (BH) von <i>Perofascia lepidii</i> an <i>Lepidium</i> -Akzessionen. ....	155
<b>Abb. 68:</b> Befallsstärke (BS) von <i>Perofascia lepidii</i> Isolat 5, 7, 9 und Heu und des Stammisolates Se 1-11(K) an der Kresse (cv. Cressida). ....	158
<b>Abb. 69:</b> Befallshäufigkeit von mit FM erkrankten Kressepflanzen in Auenlehm-Kastenparzellen (I, II, III und IV) nach Aussaat (19.08.2013) von Kresse aus Saatgutchargen, die von mit FM belasteten Praxisschlägen stammten. ....	160
<b>Abb. 70:</b> Nachweis von <i>Perofascia lepidii</i> im Boden, entnommen aus dem kommerziellen Anbau von Kresse. Ermittelt wurde die Anzahl befallener Pflanzen bis 43 Tage nach der Aussaat (TnA) und Kultivierung unter krankheitsbegünstigenden Bedingungen. ....	163

## Tabellenverzeichnis

	Seite
<b>Tab. 1:</b> Allgemeine Angaben zu den Kresse-Vermehrungsbetrieben, die am Projekt beteiligt waren .....	26
<b>Tab. 2:</b> Flächenauswahl für das Kresse-Schaderreger-Monitoring, Anzahl der Flächen pro Betrieb, 2011-2013 .....	27
<b>Tab. 3:</b> Informationen zur Anbaufläche im Jahr 2011 im "Betrieb Thüringen 1" .....	27
<b>Tab. 4:</b> Informationen zur Anbaufläche im Betrieb Hessen-Mitte im Jahr 2011 ....	27
<b>Tab. 5:</b> Informationen zur Anbaufläche des Betriebes Hessen-West im Jahr 2011.....	28
<b>Tab. 6:</b> Informationen zur Anbaufläche im Betrieb Hessen-Mitte im Jahr 2012 ....	29
<b>Tab. 7:</b> Informationen zur Anbaufläche im Betrieb Rheinland-Pfalz im Jahr 2012.....	29
<b>Tab. 8:</b> Informationen zur Anbaufläche im Betrieb Hessen-West im Jahr 2012.....	30
<b>Tab. 9:</b> Informationen zur Anbaufläche des Betriebes Thüringen 1 im Jahr 2012.....	31
<b>Tab. 10:</b> Informationen zur Anbaufläche des Betriebes Thüringen 2 im Jahr 2012.....	31
<b>Tab. 11:</b> Verfahren der Bestandesetablierung der Kressevermehrungsflächen, 2013.....	34
<b>Tab. 12:</b> Verwendete Saatgutpartien für die Kresse-Vermehrungsflächen 2013 (die Erregeridentifikation wurde mit PCR durchgeführt).....	35
<b>Tab. 13:</b> Schaderregerbonitur in den Kressevermehrungsschlägen, 2011-2013 ....	36
<b>Tab. 14:</b> Entwicklungsbonitur und Ertragsmessung auf den Praxisschlägen zur Kressevermehrung in den Jahren 2011 - 2013.....	37
<b>Tab. 15:</b> Feld-Grow Out von <i>P. lepidii</i> an Kresse verwendete Saatgutpartien, Standort Klein-Altendorf 2014.....	38
<b>Tab. 16:</b> Bodeneigenschaften am Standort Campus Klein-Altendorf .....	39
<b>Tab. 17:</b> Im Pflanzenschutz/Pflanzenstärkungsmittelversuch an Kresse verwendete Saatgutpartie, Standort Klein-Altendorf 2014 .....	41
<b>Tab. 18:</b> Einsatz von Pflanzenschutz- und pflanzenstärkenden Mitteln bei Kresse, Standort Klein-Altendorf 2014.....	42
<b>Tab. 19:</b> Beschreibung der Pflanzenschutz- und pflanzenstärkenden Mitteln bei Kresse, Standort Klein-Altendorf 2014.....	43

<b>Tab. 20:</b>	Nährstoffe und Nährstoffmengen des Bodens in den Gefäßversuchen mit Garten-Kresse .....	51
<b>Tab. 21:</b>	Übersicht über die Zeitpunkte der Aussaaten in den Saatzeitenversuchen 2012 und 2013 .....	51
<b>Tab. 22:</b>	Boniturskala für die Bewertung des Befalls der Gartenkresse mit Falschem Mehltau .....	52
<b>Tab. 23:</b>	Prüffaktoren und –stufen im Gefäßversuch Saatgutbehandlung .....	53
<b>Tab. 24:</b>	Prüfstufen im Gefäßversuch Wachstumsbedingungen .....	54
<b>Tab. 25:</b>	Ergebnisse der Nährstoffuntersuchungen der Böden auf den Versuchsflächen 2012 und 2013 .....	55
<b>Tab. 26:</b>	Übersicht über die Prüffaktoren im Feldversuch Saatgutbehandlung .....	56
<b>Tab. 27:</b>	Vorfrüchte auf den Versuchsflächen der Feldversuche, Betrieb Mittelhessen.....	56
<b>Tab. 28:</b>	Primer zum Nachweis von <i>Perofascia lepidii</i> , <i>Albugo lepidii</i> und <i>Hyaloperonospora parasitica</i> .....	62
<b>Tab. 29:</b>	Boniturschema des Falschen Mehltaus an Gartenkresse .....	65
<b>Tab. 30:</b>	Befallsverlauf und Pflanzenentwicklung an 4 Messpunkten, Betrieb Thüringen 1, 2011.....	74
<b>Tab. 31:</b>	Befallsverlauf und Pflanzenentwicklung an 4 Messpunkten, Betrieb Hessen Mitte, 2011 .....	78
<b>Tab. 32:</b>	Befallsverlauf und Pflanzenentwicklung an 4 Messpunkten, Betrieb Hessen West, Fläche Steckenroth zum 1. und 3. Boniturtermin, 2011 .....	82
<b>Tab. 33:</b>	Befallsverlauf und Pflanzenentwicklung an 4 Messpunkten (MP), Betrieb Hessen West, Fläche Mb2 zum 1. und 3. Boniturtermin, 2011.....	84
<b>Tab. 34:</b>	Befallseinschätzung aus den Messpunkten 2011 aller Flächen und Ergebnisse des PCR .....	87
<b>Tab. 35:</b>	Pflanzenzahl/ m <sup>2</sup> (Mittelwerte ± Standardabweichungen) bei Aufgang und Ernte in den Kressevermehrungsflächen 2012.....	89
<b>Tab. 36:</b>	Maximale Eindringtiefe (cm), minimaler und maximaler Eindringdruck (MPa) gemessen mit dem Penetrologger (Eijkelkamp, Giesbeek, Niederlande) .....	91
<b>Tab. 37:</b>	Kornertrag (kg/ha) (Mittelwerte ± Standardabweichungen) und Tausendkornmasse (TKM, g) der sechs Vermehrungsflächen. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Signifikanzlevel 0.05, Tukey .....	92
<b>Tab. 38:</b>	Kleinräumig aufgenommene Messwerte der Temperatur- und Luftfeuchtemesser (Tinytag). Die Niederschlagsmengen wurden aus	

den frei zugänglichen Klimadaten des DWD berechnet. Die Stationen waren Halle/Leipzig, Erfurt/Weimar und Frankfurt am M./Flughafen .....97

<b>Tab. 39:</b>	Pflanzenzahlen/m <sup>2</sup> (Mittelwerte ± Standardabweichungen) zum Aufgang und Ernte für die untersuchten Vermehrungsflächen 2013. Verschiedene Buchstaben einer Zeile geben signifikante Unterschiede zwischen den Pflanzenzahlen/m <sup>2</sup> auf den Vermehrungsflächen an. P-Werte in Spalten geben Unterschiede zwischen Aufgang und Ernte des jeweiligen Jahres auf der jeweiligen Vermehrungsfläche an (Signifikanzlevels: * - 0.05, ** - 0.01, ***- 0.001, Tukey).....	98
<b>Tab. 40:</b>	Zeitdauer (in Tagen) von der Aussaat bis zur Identifikation erster Symptome des Falschen Mehltaus.....	101
<b>Tab. 41:</b>	Haupt- und Wechselwirkungen von Wachstumsfaktoren auf die Befallsstärke am letzten Boniturtermin, Ergebnisse einer Varianzanalyse mit den Faktoren als Kovariaten.....	102
<b>Tab. 42:</b>	Kornertrag (kg/ha) und Tausendkornmasse (TKM, g) der Vermehrungsflächen, 2013. Angegeben sind Mittelwerte ± Standardabweichungen berechnet aus der Anzahl der Messpunkte pro Schlag.....	104
<b>Tab. 43:</b>	Zusammenhang von den Kresseerträgen 2013 und möglichen Faktoren, Korrelationskoeffizienten (r) und Signifikanzniveaus .....	105
<b>Tab. 44:</b>	Mittlere Pflanzenzahl/m <sup>2</sup> im Feld-Grow-Out Test von Kresse im 1. Durchgang am 26.05.14 (12 Tage nach Saat) und am 15.07.12 im 2. Durchgang (13 Tage nach Saat). Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey p<0,05 .....	108
<b>Tab. 45:</b>	Aussaat- und Befallsboniturtermine im Durchgang 1 und 2 des Feld-Grow-Outs bei Kresse sowie Pflanzenentwicklungsstadien nach BBCH-Code*, 2014.....	110
<b>Tab. 46:</b>	Befallsbonitur zum Versuchsabschluss, 1. Durchgang, Kresse Feld-Grow-Out. *Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey p<0,05.....	111
<b>Tab. 47:</b>	PCR-Untersuchung der Saatgutherkünfte und Pflanzenproben, 1. Durchgang, Kresse Feld-Grow-Out Test, 2014.....	112
<b>Tab. 48:</b>	Befallsbonitur zum Versuchsabschluß, 2. Durchgang, Kresse Feld-Grow-Out. *Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey p<0,05.....	113
<b>Tab. 49:</b>	qPCR-Untersuchung von Pflanzenproben aus dem 2. Durchgang, Kresse Feld-Grow-Out Test, 2014 .....	115
<b>Tab. 50:</b>	Keimfähigkeit (KF) der behandelten Kressevarianten, Versuch 1: Saatgutbehandlung in nicht infiziertem Substrat, Gefäßversuch im Gewächshaus. 7 Tage nach der Aussaat. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey p<0,05 .....	117

<b>Tab. 51:</b>	Feldaufgang von Kresse im Freilandversuch, 13 Tage nach Saat, keine signifikanten Unterschiede, Tukey $p < 0,05$ .....	117
<b>Tab. 52:</b>	Keimfähigkeit der behandelten Kressevarianten, Versuch 2: Saatgutbehandlung in infiziertem Substrat, Gefäßversuch im Gewächshaus. 7 Tage nach der Aussaat. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey $p < 0,05$ .....	118
<b>Tab. 53:</b>	qPCR gestützter Nachweis von <i>Perofascia lepidii</i> , Kressebehandlungsversuch 4.....	120
<b>Tab. 54:</b>	Freilandversuch 2014, Einsatz verschiedener Pflanzenschutz- und pflanzenstärkenden Mitteln .....	121
<b>Tab. 55:</b>	Keimfähigkeit und Tausendkornmasse (TKM) in Abhängigkeit der Stärke der Wasserdampfbehandlung .....	124
<b>Tab. 56:</b>	Prüfglieder und Keimungsrate der Kresse im Parzellenversuch, Hessen Mitte 2014.....	125
<b>Tab. 57:</b>	Einfluss der Aussaat-Verzögerung auf den Samenertrag (g pro Gefäß) von Gartenkresse, Saatzeitenversuch mit Mitscherlich-Gefäßen (6 Liter, Erdkultur) Rauschholzhausen 2012 .....	126
<b>Tab. 58:</b>	Infektion der Gartenkresse mit Falschem Mehltau (1-9) am 05. Juni im Gefäßversuch Rauschholzhausen 2012. Interaktion zwischen Saatgutbehandlung (SB) und Wachstumsbedingungen (WB) .....	130
<b>Tab. 59:</b>	Infektion der Gartenkresse mit Falschem Mehltau (1-9) am 20. Juni im Gefäßversuch Rauschholzhausen 2012. Interaktion zwischen Saatgutbehandlung (SB) und Wachstumsbedingungen (WB) .....	131
<b>Tab. 60:</b>	Infektion der Gartenkresse mit Falschem Mehltau (1-9) am 27. Juni im Gefäßversuch Rauschholzhausen 2012. Interaktion zwischen Saatgutbehandlung (SB) und Wachstumsbedingungen (WB) .....	131
<b>Tab. 61:</b>	Infektion der Gartenkresse mit Falschem Mehltau (1-9) am 04. Juli im Gefäßversuch Rauschholzhausen 2012. Interaktion zwischen Saatgutbehandlung (SB) und Wachstumsbedingungen (WB) .....	132
<b>Tab. 62:</b>	Infektion der Gartenkresse mit Falschem Mehltau (1-9) am 11. Juli, Gefäßversuch Rauschholzhausen 2012. Interaktion zwischen Saatgutbehandlung (SB) und Wachstumsbedingungen (WB).....	132
<b>Tab. 63:</b>	Infektion der Gartenkresse mit Falschem Mehltau (1-9) am 18. Juli, Gefäßversuch Rauschholzhausen 2012. Interaktion zwischen Saatgutbehandlung (SB) und Wachstumsbedingungen (WB) .....	133
<b>Tab. 64:</b>	Infektion der Gartenkresse mit Falschem Mehltau (1-9) am 27. Juli im Gefäßversuch Rauschholzhausen 2012. Interaktion zwischen Saatgutbehandlung (SB) und Wachstumsbedingungen (WB) .....	134
<b>Tab.65:</b>	Einfluss der Saatgutbehandlung und der Wachstumsbedingungen auf die Pflanzenlänge (05. Juni bis 04. Juli) von Gartenkresse, Gefäßversuch Rauschholzhausen 2012 .....	135

<b>Tab. 66:</b>	Pflanzendichten (Kö./m <sup>2</sup> , Pflanzen/m <sup>2</sup> ) und Keimungsrate (%) der Kresse (Einfache Kresse) im Feldversuch Hessen-Mitte 2012.....	136
<b>Tab. 67:</b>	Einfluss der Saatgutbehandlung und der Pflanzendichte auf die Infektion der Gartenkresse mit Falschem Mehltau (1-9), Feldversuch Hessen-Mitte 2012.....	137
<b>Tab. 68:</b>	Einfluss der Saatgutbehandlung und der Pflanzendichte auf die Pflanzenlängen der Gartenkresse, Feldversuch Hessen-Mitte 2012.....	138
<b>Tab. 69:</b>	Einfluss der Saatgutbehandlung und der Pflanzendichte auf den Korn-Ertrag und die Ertragskomponenten der Gartenkresse, Feldversuch Hessen-Mitte 2012.....	139
<b>Tab. 70:</b>	Einfluss der Saatgutbehandlung und der Pflanzendichte auf die Anzahl an Seitentrieben (gesamt, 1. Ordnung, 2. Ordnung) der Gartenkresse, Feldversuch Hessen-Mitte 2012.....	139
<b>Tab. 71:</b>	Pflanzendichten und Keimungsraten der Kresse im Feldversuch Hessen Mitte 2013.....	140
<b>Tab. 72:</b>	Einfluss der Saatgutbehandlung und der Pflanzendichte auf die Pflanzenlänge der Gartenkresse (14. Juni bis VR), Feldversuch Hessen-Mitte 2013.....	141
<b>Tab. 73:</b>	Einfluss der Saatgutbehandlung und der Pflanzendichte auf die Ertrags-komponenten der Gartenkresse, Feldversuch Hessen-Mitte 2013.....	142
<b>Tab. 74:</b>	Ergebnisse der FM-Bonituren an Garten-Kresse im Gefäßversuch 1 (nicht-infizierter Boden), Rauschholzhausen 2014.....	143
<b>Tab. 75:</b>	Ergebnisse der FM-Bonituren im Gefäßversuch 2 (infizierter Boden aus der Praxis, Boden aus dem Öko-Betrieb Hessen-Mitte), Rauschholzhausen 2015.....	144
<b>Tab. 76:</b>	PCR-Nachweis (durchgeführt von IdentXX) von <i>Perofascia lepidii</i> in Saatgutproben aus Versuchen der JLU Gießen.....	145
<b>Tab. 77:</b>	Einfluss der Temperatur (5, 10, 15, 20, 25 und 30 °C) auf die Keimungsrate (KR) der Sporen von <i>Perofascia lepidii</i> nach einer Inkubationszeit von 4, 8, 12, 24 und 48 Stunden; HSD (Tukey-Test) $\alpha = 0,05$ .....	146
<b>Tab. 78:</b>	<i>Lepidium</i> -Akzessionen aus Gatersleben, die auf Anfälligkeit gegenüber das <i>P. lepidii</i> Isolat Se 1-11 geprüft wurden.....	155
<b>Tab. 79:</b>	Anfälligkeit von <i>Brassica</i> -Arten gegen <i>Perofascia lepidii</i> Se 1-11 in zwei Versuchen (V1 und V2).....	157
<b>Tab. 80:</b>	Herkunft von <i>P. lepidii</i> Isolaten.....	158
<b>Tab. 81:</b>	Nachweis des Falschen Mehltau Erregers <i>Perofascia lepidii</i> am Saat sowie am Stängel mittels PCR und Grow-out Tests in der	

Klimakammer nach einer Kulturdauer von 7 Wochen; (+ Nachweis von *P. lepidii*; - kein Nachweis von *P. lepidii*; n.u. = nicht untersucht). ...159

**Tab. 82:** Nachweis des Erregers *Perofascia lepidii* an Kressepflanzen nach Aussaat von Samen im Feld und in der Klimakammer mittels PCR am Stängel nach einer Kulturdauer von 7 Wochen; (+ Nachweis von *P. lepidii*; - kein Nachweis von *P. lepidii*; n.u. = nicht untersucht). .....161

**Tab. 83:** Herkunft der Bodenproben und Angaben zur Kontamination des geernteten Saatgutes mit *Perofascia lepidii* mittels PCR.....162

**Tab. 84:** Nachweis von *Perofascia lepidii* im Boden von Schlägen, auf denen seit 1995 Kresse vermehrt wurde .....164

## Abkürzungsverzeichnis

AFLP	Amplified Fragment Length Polymorphism
BBCH	Entwicklungs-Code (Dezimal-Skala)
BD	Blattnässedauer
BH	Befallshäufigkeit
BS	Befallsstärke
DNA	Desoxyribonukleinsäure
dpi	Tage nach Inokulation (days post inoculation)
DWD	Deutscher Wetterdienst
EB	Elektronen-Behandlung
EB 1	Elektronenbehandlung bei 13,9 kW/m
EB 2	Elektronenbehandlung bei 17,9 kW/m
FKZ	Förderkennzeichen
FM	Falscher Mehltau
GD	Grenzdifferenz
HSD	Honest Significance Difference
IGZ	Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt e.V.
IPK	Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung
KF	Keimfähigkeit
KR	Keimungsrate
JLU	Justus-Liebig-Universität
Mb	Michelbach
MP	Messpunkt
MPa	Mega-Pascal
N	Nord
NN	Normal Null (Meereshöhe)
n.s.	nicht signifikant
n.u.	nicht untersucht
PCR	Polymerase Chain Reaction (Polymerase Kettenreaktion)
PD	Pflanzendichte
PIAF	Planungs-, Informations- und Auswertungs-System für das Feldversuchswesen
p-Wert	Irrtumswahrscheinlichkeit
qPCR	Real-Time Quantitative PCR, quantitative Echtzeit-PCR
rLF	relative Luftfeuchtigkeit
SD	Saatgut-Behandlung

Schlag Rbh	Schlag
SPSS	IBM SPSS Statistics (Statistik-Software)
TKG	Tausendkorngewicht
TKM	Tausendkornmasse
TMin	Lufttemperatur in 5 cm Höhe
TnA	Tage nach Aussaat
TS	Trockensubstanz
WD	Wasserdampf-Behandlung
WK	Wasserkapazität
WR	Weißer Rost
VR	Vollreife

## 1. Einführung

### 1. 1 Gegenstand des Vorhabens

Die Gartenkresse (*Lepidium sativum* L.) (Brassicaceae) wird in Deutschland vor allem zur Produktion von Keimlingen (Sprossen) genutzt, die von der Nahrungsmittelindustrie und vom Verbraucher zum Würzen von Aufstrichen (z. B. Frischkäse und Quark) sowie zur Herstellung von Salaten verwendet werden. Das Produkt ist beim Verbraucher auf Grund des Aromas und der positiven ernährungsphysiologischen Eigenschaften (hohe Gehalte an den Vitaminen C und B 9, hohe Gehalte an den Mineralstoffen Ca und Fe sowie an sekundären Pflanzenstoffen wie Senfölglykosiden) sehr beliebt. Die Kresse hat in den letzten Jahren als ökologisches Lebensmittelprodukt den Einzug in den konventionellen und ökologischen Lebensmittelhandel gefunden.

Die Sprossen der Gartenkresse werden mittlerweile fast ausschließlich ökologisch erzeugt (Anzucht auf Steinwollmedien oder auf speziellen Anzuchtvliesen, wie Hanf- oder Flachspresmatten). Wichtigster Produktionsfaktor ist, neben dem Wasser und den entsprechenden Anzuchtsubstraten, vor allem das Saatgut. Die auf diese Weise angezogenen Kresse-Sprossen werden direkt als Lebensmittel angeboten und verzehrt. Entscheidende Voraussetzung für die Produktion und Vermarktung von Kresse-Sprossen als Bio-Lebensmittel aus einheimischer Erzeugung ist die Verwendung von ökologisch vermehrtem Saatgut.

Die Produktion von ökologisch vermehrtem Kresse-Saatgut ist allerdings aufgrund eines hohen Krankheitsauftretens durch „pilzliche“ Schaderreger mit massiven Problemen konfrontiert. Aus diesem Grund müssen die Sprossenerzeuger auf der Grundlage einer Ausnahmegenehmigung zum Teil auf konventionell vermehrtes, ungebeiztes Saatgut zurückgreifen.

In den Saatgutvermehrungsbetrieben für Garten-Kresse traten in den letzten Jahren vor allem Probleme durch den Falschen Mehltau-Erreger (*Hyaloperonospora parasitica* und *Perofascia lepidii*) sowie durch den Weißen Rost (*Albugo lepidii*) auf. Bei allen drei Pathogenen ist eine Saatgutübertragung nicht ausgeschlossen. Die genannten Erreger können in der Pflanze über längere Zeit latent vorhanden sein und zu einem plötzlichen und heftigen Krankheitsbefall führen. Die Folge dieses Krankheitsauftretens sind hohe Ertragsausfälle in der Saatgutproduktion, die mehr als 50 % betragen können. Einige Praxisbetriebe haben aus diesen Gründen die Vermehrung der Kresse vollständig aufgeben müssen.

## **1. 2 Ziele und Aufgabenstellung des Projekts, Bezug des Vorhabens zu den einschlägigen Zielen des BÖLN oder zu konkreten Bekanntmachungen und Ausschreibungen**

Ziel des Forschungsvorhabens war eine Analyse der Ursachen für das Auftreten und die Ausbreitung des Falschen Mehltaus *Perofascia lepidii* und *Hyaloperonospora parasitica* sowie des Weißen Rosts *Albugo lepidii* im ökologischen Anbau von Gartenkresse (Saatgutvermehrung) in Deutschland. In diesem Rahmen sollte ein Monitoring des Schaderregerauftretens in der Praxis durchgeführt werden, um das Ausbreitungsverhalten besser verstehen zu können. Die durchzuführenden Untersuchungen umfassen Prüfungen zur Vitalität des Saatgutes und der am Saatgut haftenden Oosporen der drei Erreger unter Berücksichtigung des Alters, der Herkunft und der Lagerung des Saatgutes. Darüber hinaus sollten Umwelteinflüsse und agronomische Maßnahmen sowie alternative Behandlungsmethoden zur Bereitstellung von erregerfreiem Saatgut geprüft werden. Dies schließt die Erarbeitung von Kenngrößen für Methoden, die im ökologischen Landbau zugelassen sind, wie z.B. physikalische Methoden (Heißdampfbehandlung) und die Verwendung von Pflanzenextrakten und Pflanzenstärkungsmitteln mit ein. Im Ergebnis des Vorhabens sollen den Anbauern Empfehlungen zum nachhaltigen ökologischen Anbau von Gartenkresse in Deutschland gegeben werden können.

Die zu erarbeitenden Maßnahmen und Empfehlungen sollen den Saatgutproduzenten die ökologische Produktion von gesundem Saatgut ermöglichen und den Erzeugern von Kresse-Sprossen ökologisch vermehrtes Saatgut aus heimischem Anbau zur Verfügung stellen.

Die wichtigsten wissenschaftlichen Ziele des Vorhabens waren:

1. Entwicklung von spezifischen Nachweisverfahren der Erreger.
2. Untersuchungen zur Biologie und Epidemiologie der Erreger *P. lepidii*, *H. parasitica* und *A. lepidii* (verantwortlich für den hohen Befallsdruck während der Vegetation 2011/2012).
3. Etablierung eines Grow-out Testes zur Bewertung der Samenkontamination mit den entsprechenden Erregern.
4. Etablierung einer Resistenzprüfmethode und Prüfung der Resistenz von Sorten und Herkünften gegenüber den Erregern.

5. Untersuchung der Wirksamkeit von Pflanzenextrakten mit bioaktiven Inhaltsstoffen zur Verminderung des Krankheitsbefalls der Gartenkresse mit Falschem Mehltau.
6. Evaluierung der Saatgut-Qualität (Keimfähigkeit, Vitalität) von Gartenkresse in Abhängigkeit von Herkunft und Produktionsbedingungen.
7. Untersuchung des Einflusses von ökologischen und agronomischen Faktoren (Boden, Nässedauer, Saattermin, Pflanzendichte) auf den Krankheitsbefall der Gartenkresse mit Falschem Mehltau.
8. Monitoring des Schaderregerauftretens in repräsentativen Kresse-Vermehrungsbetrieben.
9. Prüfung von Regulierungsmaßnahmen in einem Praxisbetrieb.

### **Bezug des Vorhabens zu den förderpolitischen Zielen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft**

Das Vorhaben ist im Themenkomplex „Pflanzliche Erzeugung“ im Bereich Pflanzenschutz mit phytosanitären Fragestellungen angesiedelt. Das Forschungsvorhaben ist ein Teil der Entwicklung von Anbauverfahren für Sonderkulturen im ökologischen Anbau. Die Arbeiten sind darauf ausgerichtet, den nachhaltigen und umweltgerechten Anbau einer Sonderkultur unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus sicher zu stellen.

#### **1. 3 Planung und Ablauf des Projektes**

Durch den **Ökoplant e. V.** wurden in der Vegetationsperiode 2011 im Rahmen einer Vorstudie erste Aufnahmen von Vermehrungsflächen vorgenommen. Weiterhin waren zu Beginn die Testung eines Bonitur-Schemas zur Erfassung der bislang weitgehend unbekanntem Schaderreger, die Probennahme von befallenen Material zur Gewinnung von Inokulationsmaterial des IGZ sowie die Erfassung von produktionsbedingten Eckdaten geplant. In den Jahren 2012 und 2013 konnte über die gesamte Vegetationsperiode zu mehreren Boniturterminen ein Schaderreger-Monitoring durchgeführt werden.

Im Rahmen des Verbundprojektes sollten eine molekularbiologische Nachweismethode zur Schaderregerkontrolle von Saat- und Pflanzgut und eine Resistenzprüfmethode entwickelt werden. Weiterhin sollten Untersuchungen zur Biologie der Erreger sowie Prüfungen von Saatgutbehandlungsmaßnahmen zur Erregerkontrolle durchgeführt werden. Da mittels Grow-out-Tests unter kontrollierten Bedingungen das Auftreten der Erstinfektion von *P. lepidii* nicht abgebildet werden konnte, sollte im Freiland mittels eines Grow-Out-Tests eine Bewertung der

Kontamination des Saatgutes mit *P. lepidii* durchgeführt werden. Es sollte gezeigt werden, dass der Anbau von unbelastetem Saatgut das Auftreten einer Epidemie der Erreger verhindern kann. Daher wurden sowohl von Ökoplant, als auch vom IGZ Feldversuche auf Nichtbefalls-Standorten zur Entwicklung von Grow-out-Tests angelegt.

Im Verlängerungsjahr 2014 sollte geprüft werden, inwieweit mit dem Einsatz von Pflanzenschutz- und stärkenden Mitteln der Befall von *P. lepidii* verhindert oder verzögert werden kann, um Ertragseinbußen abzufangen und erregerefreies Vermehrungsmaterial zu erhalten. Für diese Prüfungen wurden verschiedene Mittel ausgewählt, deren Einsatz bei anderen pilzlichen Schaderregern aus der Gruppe der Falschen Mehltaupilze erste erfolgsversprechende Ansätze zeigten. Für die Praxis können mit den geplanten Untersuchungen Entscheidungsgrundlagen für den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und die Verwendung von pflanzenstärkenden Mitteln zur Verfügung gestellt werden.

Für die Zuordnung der Schadsymptome zu den einzelnen Schaderregern wurde mit den Kooperationspartnern ein gemeinsames Bonitur-Schema abgestimmt und eine bebilderte Schadsymptomsammlung angelegt. Unterstützend wurden Ergebnisse aus PCR-Verfahren an Pflanzenmaterial hinzugezogen. Die Beschreibung der Schadsymptome soll auch den landwirtschaftlichen Betrieben als Arbeitsmaterial zur Verfügung gestellt werden, um Primärbefall frühzeitig zu erkennen und entsprechende Gegenmaßnahmen einleiten zu können.

Die Arbeiten an der **JLU Gießen** konzentrierten sich zunächst auf Keimungsversuche mit Saatgut der Gartenkresse verschiedener Herkunft (Praxis-Betriebe). Es sollte geklärt werden, ob das in der Praxis verwendete und geerntete (vermehrte) Saatgut eine ausreichende Keimfähigkeit und Vitalität besitzt. Im Rahmen dieser Untersuchungen sollten der Einfluss der Lagerdauer der Samen, der Lufttemperatur während der Keimung und der Substrate auf den Keimungsverlauf sowie auf die relative Keimfähigkeit der Kresse-Samen geprüft werden.

In einem zweiten Schwerpunkt sollten entwicklungsphysiologische und agronomische Einflüsse auf die Entwicklung und den Kornertrag der Garten-Kresse sowie auf die Infektion mit dem Falschen Mehltau untersucht werden. Dazu wurden mit der sommerannuellen Kulturpflanze *Lepidium sativum* L. Gefäßversuche zur Saatzeit-Verzögerung durchgeführt. Es sollte damit die Spätsaat-Toleranz der Gartenkresse geklärt werden, da in der Praxis häufig sehr spät gesät wird. In diesem Zusammenhang war von Bedeutung herauszufinden, ob verzögerte Aussattermine zu einer deutlichen Beeinträchtigung der Korn-Ertragsbildung (Längenwachstum, Seitentrieb-Bildung, Schoten-Anlage, Korngröße, Kornertrag pro Pflanze) führt. Darüber hinaus sollte geklärt werden, ob es durch Saatzeitveränderungen zu

Verschiebungen der Entwicklungsphasen der Kresse-Pflanzen und zu einer Veränderung der Falschen Mehltau-Infektion kommt.

Ein weiterer Untersuchungsschwerpunkt konzentrierte sich auf alternative Behandlungsmethoden des Saatgutes, die im ökologischen Landbau angewendet werden können. So sollten die Auswirkungen der Heißwasser-Dampf-Behandlung auf das Kresse-Saatgut (Keimfähigkeit) und auf die Infektion mit den Erregern des Falschen Mehltaus geprüft werden. Dabei wurden verschiedene Varianten der Heißwasser-Dampf-Behandlung (unterschiedliche Temperaturen und Zeitdauer der Behandlung) geprüft. Darüber hinaus wurde eine bereits etablierte Methode der Elektronen-Behandlung von Saatgut auch in Gartenkresse geprüft.

In weiteren Gefäßversuchen sollten Boden- und Umweltfaktoren (Böden aus der Praxis, Befeuchten der Blätter und Oberfläche der Kresse-Pflanzen) auf die Infektion mit dem Falschen Mehltau und auf das Wachstum und den Samen-Ertrag der Gartenkresse untersucht werden. Neben den physikalischen Behandlungs-Methoden der Kresse-Samen sollten auch Pflanzenstärkungsmittel bzw. Pflanzen-Extrakte bezüglich einer möglichen inhibierenden Wirkung auf den Falschen Mehltau untersucht werden.

Einige der Untersuchungen, die in Gefäßversuchen durchgeführt wurden, sollten auch unter Praxisbedingungen als Parzellenversuche in Betrieben des ökologischen Landbaus evaluiert werden. Diese Arbeiten erforderten einen höheren logistischen und Betreuungsaufwand sowie größere Mengen an Saatgut und Behandlungsmitteln. Somit wurden ausgewählte Methoden (physikalische Saatgut-Behandlung, Pflanzendichte) angewendet und evaluiert.

Neben der Wahrnehmung der eigentlichen Versuchsarbeiten hatte die JLU auch die Koordinierung der laufenden Projektarbeiten durchzuführen. So wurden in Kooperation mit den Projektpartnern die Versuchsprogramme entwickelt und abgestimmt, mehrere Feldtage und Versuchsbesichtigungen durchgeführt und jährliche Seminare bzw. Tagungen zur Vorstellung der erzielten Projektergebnisse realisiert.

Die **Arbeiten am IGZ** konzentrierten sich auf Untersuchungen zur Kontamination von Kresse-Saatgut mit den zwei FM (Falsche Mehltau)-Erregern, *Perofascia lepidii*, *Hyaloperonospora parasitica* und dem Erreger des Weißen Rosts (WR), *Albugo lepidii*. Untersuchungen zu Beginn des Vorhabens zeigten, dass an Kresse der Erreger *P. lepidii* dominiert und verantwortlich ist für das Auftreten des FM im praktischen Anbau.

Für die Erreger *Perofascia lepidii*, *Hyaloperonospora parasitica* und *Albugo lepidii* wurden jeweils spezifische molekularbiologische Nachweisverfahren mittels einer PCR entwickelt, die einen schnellen Nachweis der Erreger in Saatgutchargen

ermöglichen. Der Erreger *Hyaloperonospora parasitica* wurde mittels PCR nicht an Gartenkresse nachgewiesen werden und der Erreger des Weißen Rosts (WR), *Albugo lepidii*, trat in den Jahren 2012 – 2013 nicht bzw. sehr selten in der Praxis auf. Die weiteren Arbeiten konzentrierten sich daher auf den Erreger *P. lepidii*, der bis zu diesem Zeitpunkt in der Praxis vor allem für das Auftreten des FM verantwortlich war.

Auf der Basis des Nachweises von Erreger-DNA ist jedoch keine sichere Aussage zur Vitalität der Erreger möglich. Daher wurde ergänzend zum molekularbiologischen PCR-Nachweis eine Testmethode unter kontrollierten Bedingungen etabliert, welche eine Krankheitsentwicklung, ausgehend von kontaminiertem Saatgut, erlaubt (genannt „Grow-out“ Test). Voraussetzung für die Etablierung einer „Grow-out“ Testmethode sind Kenntnisse zur Biologie und Epidemiologie des Erregers *P. lepidii*. Aus diesem Grund wurden am IGZ die Pathogenese des Falschen Mehltaus an Gartenkresse beeinflussenden Faktoren untersucht. Die Ergebnisse waren ebenfalls Voraussetzung zur Entwicklung einer Resistenzprüfmethode. Die Kultivierung von resistenten Sorten bzw. Arten stellen allgemein eine wichtige Maßnahme zur Bekämpfung von Pathogenen dar. Daher sollten Kresse-Genotypen auf Resistenz gegenüber dem FM geprüft werden. Die Vermehrung von Kresse erfolgt in den Monaten April bis Oktober auf landwirtschaftlich genutzten Flächen in der Fruchtfolge mit Nutzpflanzen aus der Familie der Brassicaceae, deren Erntereste im Boden eingearbeitet werden. Beim Anbau von Gartenkresse besteht die Möglichkeit des Eintrags von luftbürtig übertragenen asexuellen Sporen des FM. Unklar ist, ob der Eintrag dieser Sporen nur von in der Nachbarschaft angebauten mit FM erkrankten Kressepflanzen erfolgen oder auch von weiteren Nutz- und Wildpflanzen aus der Familie der Brassicaceae wie Hirtentäschel, Acker-Schmalwand und Wiesenschaumkraut stammen kann. Um zu klären, ob diese Kulturen als potenzielle Inokulum-Quelle (im Kressefeld bzw. Nachbarfelder) in Betracht zu ziehen sind, wurden Prüfungen zur Wirtsspezifität des Erregers *P. lepidii* durchgeführt. In diesen Untersuchungen wurden Unkräuter und Kulturen aus der Familie der Brassicaceae einbezogen. Kressepflanzen werden nach dem Drusch in den Boden eingearbeitet und damit auch mit FM infiziertes Pflanzenmaterial. Eine Überdauerung von Organen (Oosporen) der Erreger im Boden für einen längeren Zeitraum ist nicht auszuschließen. Daher wurde auch mittels „Grow-out“ Test geprüft, ob der Erreger im Boden überdauert und somit primäre Infektionsquelle für einen nachfolgenden Kresse-Anbau sein kann.

Im vorliegenden Schlussbericht geht das IGZ auf folgende Ziele ein, die in dem Forschungsvorhaben Aufgabe des IGZ waren:

- Entwicklung von PCR-gestützten Nachweisverfahren,
- Untersuchungen zur Biologie und Epidemiologie des Schaderregers *P. lepidii*,
- Etablierung einer Methode zur Prüfung der Resistenz von Kresse-Genotypen gegenüber dem Falschen Mehltau (FM),
- Prüfung der Resistenz von Kresse-Akzessionen gegenüber dem FM,
- Untersuchungen zur Wirtsspezifität des Erregers an ausgewählten Brassicaceae und
- Bewertung des Saatgutes und des Bodens als primäre Inokulumquelle.

## **2. Wissenschaftlich-technischer Stand, an den angeknüpft wurde**

*Lepidium sativum* (Brassicaceae) wird weltweit vor allem in den gemäßigten bis warm gemäßigten Breiten kultiviert (Doke & Duha 2014, Sarikamis & Yanmaz 2011, Vogel 1996). Die Sprossen der Gartenkresse werden mittlerweile fast ausschließlich ökologisch durch eine Anzucht auf Steinwollmedien oder auf speziellen Anzuchtvliesen (Hanf- oder Flachsbasis) erzeugt. Seit 2004 darf im ökologischen Anbau in Deutschland nur ökologisch erzeugtes Saatgut für die Keimchalen-Produktion verwendet werden.

Die Gartenkresse wird hinsichtlich ihrer Verwendung und Wirksamkeit auch als Gewürz- und Arzneipflanze eingeordnet. Insbesondere in Ländern Zentral- und Vorderasiens ist die Verwendung der Gartenkresse als Gewürzmittel und in der Phytotherapie verbreitet. In zahlreichen Studien wurde festgestellt, dass in den Blättern und in den Samen der Pflanze zahlreiche bioaktive Stoffe enthalten sind, die ernährungsphysiologisch positiv bewertet werden. Hierzu zählen verschiedene sekundäre Pflanzenstoffe, wie Glukosinolate (mit dem Haupt-Glukosinolat Glucotropaeolin), Flavonoide, Phenolsäuren und Tannine (Bhasin et al. 2011, Sarikamis & Yanmaz 2011). Aus der Garten-Kresse hergestellte Extrakte (Ethanol-Extrakte) werden als hoch antioxidativ eingestuft (Bhasin et al., 2012, Al-Sheddi & Farshori, 2015). Neben der antioxidativen Wirkung werden den Produkten aus Kresse auch antimikrobielle, entzündungshemmende, diuretische, anti-diabetische und antikanzerogene Effekte zugeschrieben (Doke & Guha 2014, Al-Sheddi & Farshori 2015). Aus den Samen (Schalen) der Garten-Kresse können diätetische Nahrungsmittel hergestellt werden, die neben Protein (12 %) und Fett (4 %) einen sehr hohen Anteil an Nahrungsfasern (74 %) aufweisen (Sumangala et al. 2004).

Für die Vermehrung von Gartenkresse ist die Entwicklung von Blüten- und Fruchtständen (Seitentriebe, Schoten, Samen pro Schote und Pflanze) sehr wichtig. Die Ausprägung generativer Ertragsorgane der Gartenkresse hängt von den Wachstumsbedingungen ab. In Untersuchungen von Sabaghnia et al. (2014), die mit Genbank-Akzessionen des IPK in Deutschland durchgeführt wurden, konnte festgestellt werden, dass die Kornerträge vor allem durch die Position (Höhe) der untersten Verzweigungen und Schoten innerhalb der Pflanze sowie durch die Schotenzahl pro Pflanze und die Schotenzahl pro Seitentrieb beeinflusst werden. Bei einer zukünftigen Sorten-Züchtung von Gartenkresse sollten diese Ertragskomponenten in der Selektion besonders beachtet werden. Die gezielte züchterische Bearbeitung der Gartenkresse steht in Deutschland aber noch am Anfang.

Die Nährstoffaufnahme der Gartenkresse wird als moderat eingeschätzt. Nach Untersuchungen von Yadav et al. (2013) werden von Kresse-Pflanzen etwa 83 kg N, 22 kg P und 72 kg K pro ha aufgenommen. Der Harvest-Index der Gartenkresse liegt bei 24 % (Yadav et al. (2013), was geringer ist als bei den meisten anderen Körnerfrüchten (Raps, Getreide-Arten). Es kann davon ausgegangen werden, dass auch dieses Merkmal vor allem durch die Genetik (Sorte) und darüber hinaus auch durch die Wasser- und Nährstoffversorgung beeinflusst ist.

Seit dem Jahr 2006 ist beim Anbau von ökologisch erzeugter Gartenkresse in Deutschland, insbesondere in Hessen, Thüringen und Bayern, verstärkt der Falsche Mehltau (FM) sowie der Weiße Rost (WR) an den Samenträgern der Pflanzen zu beobachten (ca. 80 ha Anbaufläche). Aufgrund des hohen Krankheitsauftretens waren seit dem Jahr 2007 Ertragsausfälle von mehr als 50 % zu verzeichnen (Hinke, persönl. Mitteilung 2007). Die an Kresse auftretenden Erreger aus der Familie Peronosporaceae sind *Perofascia lepidii* und *Hyaloperonospora parasitica* (FM) und *Albugo lepidii* (WR). Sie gehören systematisch in die Abteilung Heterokontophyta (nahe verwandt mit Algen) und der Klasse Peronosporomycetes (Oomycota) sowie der Ordnung Peronosporales. Die Besonderheit dieser obligat biotrophen Pathogene ist, dass sie nur in lebendem Wirtsgewebe existieren können. Allgemein wird der Infektionsverlauf von Erregern des FM und WR wie folgt beschrieben: Die im Boden, Pflanzenresten oder am Saatgut überdauernden Oosporen bilden bewegliche Zoosporen, welche den jungen Keimling infizieren. Nach der Infektion breitet sich der Erreger innerhalb des Pflanzengewebes aus. Während der Latenzphase sind visuell keine Symptome zu beobachten. Das Pathogen tritt erst mit der Ausbildung von Sporangienlagern äußerlich in Erscheinung. Die asexuell gebildeten Sporangien werden luftbürtig oder durch mechanischen Kontakt sowie Wasserspritzer verbreitet. So kommt es zu Neuinfektionen im Bestand (Sekundärinfektion). Während der gesamten Pathogenese können an verschiedenen Pflanzenorganen einschließlich des Saatgutes die Überdauerungsorgane (Oosporen) gebildet werden. Mit den genannten Erregern infiziertes Saatgut stellt die wichtigste Primärinfektionsquelle dar. Da es sich bei allen drei Pathogenen um systemisch auftretende Erreger handelt, ist eine Übertragung der Erreger über das Saatgut sehr wahrscheinlich. Entsprechende Studien hierzu fehlen jedoch bislang.

Informationen zur Biologie dieser an Kresse spezialisierten Pathogenen sind sehr gering. Mandal et al. (2008) berichten über erstmaliges Auftreten von *H. parasitica* an Gartenkresse in 2005 in Indien. Infolge der Kultivierungsintensivierung von Gartenkresse in Westindien kommt es immer mehr zum Befall mit dem Erreger. Die Autoren berichten von einer Ausbreitung der Symptome, die einst nur auf Blattpartien

beschränkt waren und mittlerweile verstärkt auch auf Blütenstand und Frucht zu finden sind. Im feucht/kühlen Frühjahr 2007 wurde erstmalig der Erreger *Peronospora parasitica* verstärkt an Gartenkresse im Irak beobachtet (Sarhan, 2007). Infektionsversuche zeigten, dass Temperaturen zwischen 16 und 25 °C und eine relative Luftfeuchtigkeit von 75-85 % die Krankheit begünstigen (Sarhan, 2007). An Senf treten FM und WR in Form einer Mischinfektion gleichzeitig an Laub, Blütenstand und Schoten auf (Bains und Jhooty, 1978), wobei ebenfalls kühle Temperaturen und regenreiche Monate die Infektionen fördern. Infektions-Versuche an Senfkeimlingen (*Brassica juncea*) mit *P. parasitica* ergaben, dass eine Blattnässedauer (BD) von 4 – 6 h und Temperaturen von 20 °C oder eine BD von 6 - 8 h bei 15 °C Infektion und Krankheitsentwicklung des FM an Senf begünstigen (Mehta et al. 1995).

Basierend auf Untersuchungen zur Morphologie und Gensequenzierung von *Peronospora*-Species an Brassicaceae schlussfolgern Constantinescu und Fatehi (2002), dass *H. parasitica* ein weltweit sehr verbreiteter Erreger ist, zu dessen Wirtspflanzenkreis auch *Capsella bursa-pastoris* (Hirtentäschel), *Thlaspi* (Acker-Hellerkraut) und *Cardaria draba* (Pfeilkresse) gehören. Ihren Aussagen zufolge tritt *H. parasitica* im Gegensatz zu *P. lepidii* oft zusammen mit *Albugo* an der Wirtspflanze auf.

Etebarian (1992) stellte bei Kresse-Feldversuchen im Norden von Iran fest, dass der Erreger des WR in den Monaten März, April und Mai die höchsten Ertragsausfälle verursacht. In diesem Zeitraum fand Etebarian (1993) eine hohe Oosporenrate in infizierten Blättern, Stängeln und Samenschalen der Kresse. Das Keimverhalten der Sporangien war auch abhängig von der Temperatur. Während bei 15 °C sich in den Sporangien nur Zooporen (bis zu 50 %) entwickelten, war bei Temperaturen zwischen 20 und 25 °C neben einer Rate an Zooporen von 60-70 % eine Keimschlauchentwicklungsrate von 15 % festzustellen.

Die Gartenkresse besitzt einen annualen Entwicklungszyklus. Hinsichtlich der photoperiodischen Reaktion wird sie als Langtag-Pflanze eingeordnet. Während der Jugendentwicklung ist der Pflanzenbestand relativ konkurrenzschwach gegenüber Wildpflanzen. In Untersuchungen von Shehzad et al. (2013) wurde beobachtet, dass eine Unkrautbekämpfung innerhalb der ersten vier Wochen der Pflanzenentwicklung erfolgen muss, um zufriedenstellende Erträge erzielen zu können. Versuche zum Einfluss der Saatzeitverzögerung und der Pflanzendichte auf den Ertrag der Gartenkresse wurden in Deutschland bislang nicht durchgeführt. Gewisse Parallelen in der Ertrags- und Bestandsbildung kann man zwischen der Gartenkresse und

anderen sommerannuellen Körnerfrüchten der Brassicaceae (Leindotter, Krambe, Weißer Senf) ziehen, deren agronomische Eigenschaften in Deutschland besser untersucht sind (Agegnehu & Honermeier 1997).

Die Anwendung von Pflanzenstärkungsmitteln und Pflanzenextrakten wurde in den letzten Jahren bei einigen Gemüse-Arten, landwirtschaftlichen Kulturpflanzen und Weinreben geprüft (Richter et al. 2010, Molitor 2009). Die Wirkung pflanzlicher Präparate wird in der Regel über sekundäre Pflanzenstoffe und weitere Metabolite, die zum Teil antimikrobielle Effekte besitzen, umgesetzt. Derartige Verbindungen mit antimikrobiellen Eigenschaften sind in vielen Wild-, Gemüse-, Gewürz- und Arzneipflanzen zu finden (Ali & Honermeier 2013, Ullah & Honermeier 2013, Azizi et al. 2009). Als potenziell wirksame Verbindungen werden u. a. Polyphenole (Phenolsäuren), Saponine, Terpene (Mono- und Sesquiterpene), Spaltprodukte von Glukosinolaten (Isothiocyanate) und Sulfid-Verbindungen angesehen. Pflanzen-Extrakte werden auch zur Sterilisation von Samen bzw. Samen-Oberflächen eingesetzt. Ergebnisse dazu liegen u. a. zur Wirkung von Allium-Extrakten auf die Samen von Artischocken und Bittergurken vor (Samadi et al. 2015). Bei Gartenkresse wurden in Deutschland bislang noch keine Untersuchungen dieser Art durchgeführt.

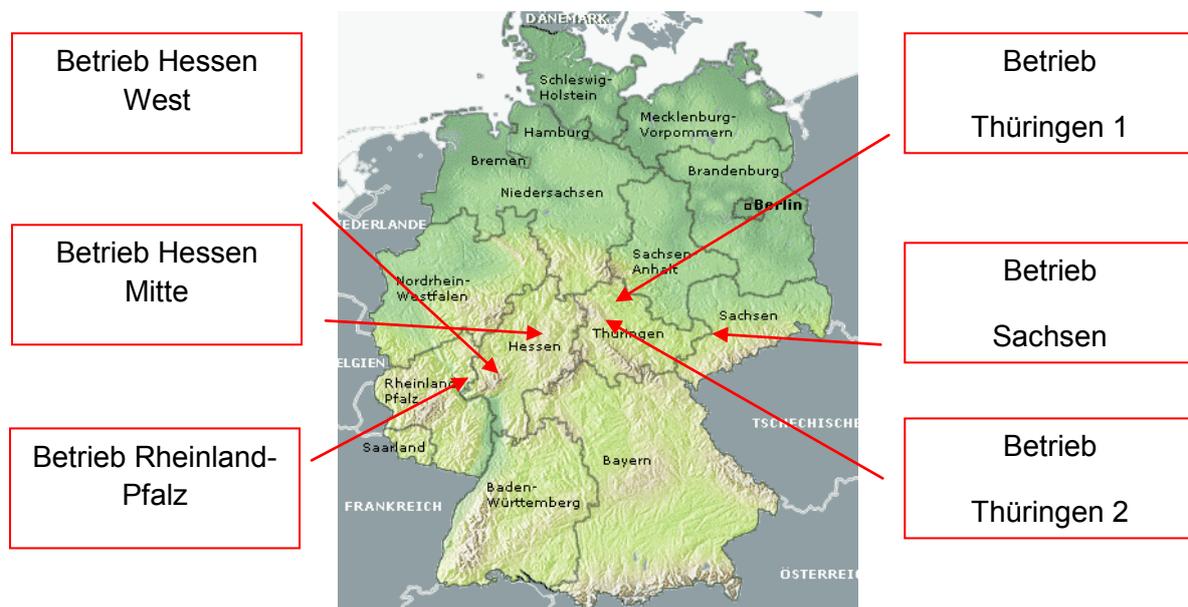
### 3. Material und Methoden

#### 3. 1 Teil-Projekt Ökoplant e. V. (2810OE30)

##### 3. 1. 1 Schaderreger-Monitoring

##### 3. 1. 1. 1 Beteiligte Betriebe

Am Projekt beteiligt waren Betriebe mit ackerbaulichen Sonderkulturen in Hessen, Sachsen und Thüringen, die ihre Kresse-Vermehrungsflächen für das Monitoring zur Verfügung stellten (Abb. 1 und Tab. 1). Auf diesen Flächen wurden für die Untersuchungen Messpunkte (MP) angelegt. Da zwei Betriebe aufgrund des hohen Krankheitsdruckes während der Projektlaufzeit aus der Kresse-Vermehrung ausstiegen, wurden zusätzlich Flächen eines weiteren Betriebes in Hessen und Rheinland-Pfalz mit einbezogen. Die Betriebe waren über mehrere Bundesländer und unterschiedliche Regionen verteilt und boten damit eine große Vielfalt an unterschiedlichen Böden und speziellen Standort- und Produktionsbedingungen (Tab. 1, Abb. 2). Die meisten Betriebe bauten bereits seit mehreren Jahren Kresse an, mit zunehmendem Befallsdruck und teilweise massiven Ertragseinbußen. Der Betrieb in Sachsen war zu Projektbeginn ein neu einsteigender Kresse-Vermehrter.



**Abb. 1:** Lage der beteiligten Betriebe im Kresse-Schaderregermonitoring 2011-2013

**Tab. 1:** Allgemeine Angaben zu den Kresse-Vermehrungsbetrieben, die am Projekt beteiligt waren

	<b>Beginn Kresse-anbau</b>	<b>Lage*</b>	<b>Vorherrschende Bodenart*</b>	<b>Durchschl. Jahres-Niederschlag Durchschnittl. Temperatur</b>	<b>Geographische Höhe*</b>
<b>Betrieb Hessen West</b>	1992	Taunus	Schieferverwitterungsböden	720 mm 8,1 °C	bis 480 m NN
<b>Betrieb Sachsen</b>	2009	Leipziger Tieflandsbucht	Sandiger Lehm aus Endmoränen Ablagerung	529 mm 8,9 °C	125 m NN
<b>Betrieb Thüringen 1</b>	2003	Nordl. (-östl) Erfurter Becken	Lößböden Muschelkalkverwitterung	586 mm 7,9 °C	270 – 340 m NN
<b>Betrieb Hessen Mitte</b>	2002	Gladenbacher Bergland	Schieferverwitterungsböden	650 mm	ca. 250 m NN
<b>Betrieb Thüringen 2</b>	2002	Weimarer Land	Lehm - schwerer Lehm Kalksteinverwitterung mit Lehmauflage	500-550 mm	250 -250 m NN
<b>Betrieb Rheinland-Pfalz</b>	2006	Westerwald	Schluffiger Lehm	703 mm 9,0 °C	bis 400 m NN

\* die Kressevermehrungsflächen der Betriebe befanden sich teilweise in sehr weiter Entfernung zu den Betrieben.

### 3. 1. 1. 2 Beschreibung der Praxisflächen

Für die Durchführung der Monitoring-Arbeiten standen Ende Juli 2011 zu Projektbeginn noch 7 Vermehrungsflächen der Betriebe Hessen Mitte und West und Betrieb Thüringen 1 zur Verfügung. Die Schläge des Betriebes Sachsen waren bereits geerntet. Somit konnten 2011 insgesamt 7 Felder beprobt werden. Ende Juli war die Kresse auf den meisten Felder bereits in der Abblüte bzw. erntereif. Das Auftreten verschiedener Pathogene konnte meist nur in weit fortgeschrittenem Stadium beurteilt werden. In den Jahren 2012 und 2013 konnten insgesamt 16 Flächen über die gesamte Vegetationsperiode untersucht werden (Tab. 2).

**Tab. 2:** Flächenauswahl für das Kresse-Schaderreger-Monitoring, Anzahl der Flächen pro Betrieb, 2011-2013

Betrieb	2011	2012	2013
Hessen Mitte	1	1	-
Hessen West	5	3	3
Rheinland-Pfalz	-	1	2
Thüringen 1	1	1	1
Thüringen 2	-	1	-
Sachsen	-	1	2

In den untersuchten Kresse-Vermehrungsbeständen wurden jeweils 3 – 4 Messpunkte (MP) zur Einzelpflanzen-Bonitur und Ertragserfassung eingerichtet.

### Standortbeschreibungen 2011

#### Betrieb Thüringen 1

**Tab. 3:** Informationen zur Anbaufläche im Jahr 2011 im "Betrieb Thüringen 1"

Standort und Boden			
Lage	südwestlicher Rand des Thüringer Beckens	Bodenart	Lehm-toniger Schluff
Ausrichtung	Windoffen, auf einer Seite: lockere Hecke	Bodentyp	Schwarzerden
Schlaggröße	37 ha	pH-Wert	6-7
Auf der Fläche wurde bislang keine Kresse vermehrt.			
Aussaat			
Saat	30.4.11	Elektronenbehandlung des Saatgutes aus eigener Vermehrung	
Saatstärke	4-5 kg/ha	Reihenabstand:	37,5
Pflegemaßnahmen und Ernte			
Maschinenhacke	1. vom 17.- 23.5; 2. vom 24.- 28.5.		
Erste Samen ausgefallen	04.8.11 (noch keine Druschreife)		
Druschtermin	10.8.11		

#### Betrieb Hessen Mitte

**Tab. 4:** Informationen zur Anbaufläche im Betrieb Hessen-Mitte im Jahr 2011

Standort und Boden			
Ausrichtung	Windgeschützt, von Hecken umgeben	Schlaggröße	0,87 ha
Auf der Fläche wurde bislang keine Kresse vermehrt.			

Vorfrucht: Roggen, anschließend Zwischenfrucht (abfrierendes Gemenge)			
<b>Aussaat</b>			
Saat	7.4.2011	Ausgangssaatgut: Bingenheimer Saatgut AG; PCR Nachweis von <i>Albugo</i> sp., negativ: <i>A. lepidii</i> und <i>P. lepidii</i>	
Saatstärke	7 kg/ha	Reihenabstand:	42 cm
<b>Pflegemaßnahmen und Ernte</b>			
Maschinenhacke		Keine	
Drusch		12.08.2011	

## Betrieb Hessen West

**Tab. 5:** Informationen zur Anbaufläche des Betriebes Hessen-West im Jahr 2011

<b>Standort und Boden</b>			
Ausrichtung		Windoffen, exponierte Lage	
Michelbach Mb 1: nein		Raps konventionell, seit Mai 2010 keine Düngung	
Michelbach Mb 2: nein			
Michelbach Mb 3: vor 5 Jahren		2010: Sommergerste (Ökoanbau) 2009: Winterweizen 2008: Mist + Klee gras 2007: Klee gras 2006: Kresse	
Michelbach Mb 4: keine		Dauergrünland	
Steckenroth: keine		2010: Dinkel ökologisch + Stallmist 2009: Sommergerste 2008 Winterweizen	
Bodenbearbeitung alle		Egge: 10:03.2011; Federzinkenkultivator: 13.4.2011	
<b>Aussaat</b>			
Saat	Mb: 30.4.2011 Steck: 21.04.2011	PCR Nachweis <i>P. lepidii</i>	
Saatstärke	12- 14 kg/ha	Reihenabstand:	12 cm
Untersaat	Mb: Klee	Steckenroth: Luzerne	
<b>Pflegemaßnahmen und Ernte</b>			
Maschinenhacke		keine	
Drusch		14.- 21.08.2011	

## Standortbeschreibung 2012

Insgesamt wurden in der Saison 2012 sechs Anbauflächen von fünf Betrieben einem Monitoring unterzogen. Dabei waren die Betriebe durch Mitteldeutschland in West-Ost-Richtung verteilt.

## Betrieb Hessen Mitte

**Tab. 6:** Informationen zur Anbaufläche im Betrieb Hessen-Mitte im Jahr 2012

Standort und Boden			
Schlaggröße		4200 m <sup>2</sup>	
Ausrichtung	Offen, von Getreidefeldern umgeben, Ostseite grenzt an Bäumen		
Fruchtfolge: 2 jähriges Klee gras, Dinkel, Kresse			
Aussaat			
Saat	17.4.2012	Herkunft Bingenheimer Saatgut AG, kein Befall mit <i>P. lepidii</i> (PCR)	
Saatstärke	4,7 kg/ha	Reihenabstand:	42 cm
Pfleßmaßnahmen und Ernte			
Maschinenhacke		2 x	
Drusch		8.8.2012	



MP 1: Senke, Bodenverdichtungen

MP 2: offene Lage, hängig

MP 3: Kuppe

MP 4: Kuppe

MP 5: Baumnah, Bodenverdichtungen

**Abb. 2:** Vermehrungsfläche Betrieb Hessen Mitte mit Messpunkten, 2012

## Betrieb Rheinland-Pfalz

**Tab. 7:** Informationen zur Anbaufläche im Betrieb Rheinland-Pfalz im Jahr 2012

Standort und Boden			
Lage	Ausläufer Westerwald	Schlaggröße	Mehrere kleinere Teilstücke
Ausrichtung	Sehr geschützte Lage zwischen Hecken und Wald		
Vorfrucht: Dinkel			
Aussaat			
Saat	1.5.2012	Kein <i>P. lepidii</i> am Saatgut (PCR) Eigener Nachbau	
Saatstärke	11 kg/ha	Reihenabstand:	12 cm
Pfleßmaßnahmen und Ernte			
Maschinenhacke		0	
Drusch		2.8.2012	

## Betrieb Hessen West

**Tab. 8:** Informationen zur Anbaufläche im Betrieb Hessen-West im Jahr 2012

Standort und Boden			
Schlaggröße		Schlag links: 26 ha und Schlag rechts: 44 ha	
Ausrichtung	Umgeben von Getreidefeldern		
Vorfrucht: Dinkel			
Aussaat			
Saat	2.5.2012	Kein <i>P. lepidii</i> am Saatgut (PCR) Eigener Nachbau	
Saatstärke	11 kg/ha	Reihenabstand:	12 cm
Pflegemaßnahmen und Ernte			
Maschinenhacke		0	
Drusch		2.8.2012	



**Abb. 3:** Flächen des Betriebes Rheinland-Pfalz und des Betriebes Hessen West mit Messpunkten im Jahr 2012

Der Messpunkt 6 wurde in einem schmalen Schlauchstück des Schlages sehr hängig angelegt, während der Messpunkt 7 sich nahe eines Waldes und Messpunkt 8 sich auf erhöhter windoffener Lage befand. Die Schläge von Betrieb Hessen-West befanden sich direkt nebeneinander und wurden jeweils aus mehreren Flurstücken gebildet. Die beiden Schläge waren lediglich durch einen Grasweg getrennt.

## Betrieb Thüringen 1

**Tab. 9:** Informationen zur Anbaufläche des Betriebes Thüringen 1 im Jahr 2012

Standort und Boden			
Schlaggröße		31 ha	
Ausrichtung	Windoffen zwischen anderen Ackerbaukulturen		
Fruchtfolge: Kartoffeln, Winterweizen, Kresse			
Aussaat			
Saat	19.4.2012	Kein <i>P. lepidii</i> am Saatgut (PCR), eigener Saatgutnachbau	
Saatstärke	5 kg/ha	Reihenabstand:	37,5 cm
Pfleßmaßnahmen und Ernte			
Maschinenhacke		2 x	
Drusch		9.8.2012	

Auf dem Schlag wurden verschiedene Behandlungen mit Pflanzenstärkungsmitteln durchgeführt: Kontrolle (MP 17), mit energetisiertem Wasser (aqua.agrar GmbH, Alsdorf, Deutschland) (MP 18) und Milchsäurebakterien mit Mikronährstoff (Messpunkt 19).

## Betrieb Thüringen 2

**Tab. 10:** Informationen zur Anbaufläche des Betriebes Thüringen 2 im Jahr 2012

Standort und Boden			
Ausrichtung	Hanglage	Schlaggröße	27 ha
Fruchtfolge: Sommergerste, Dinkel, Kresse			
Aussaat			
Saat	16.4.2012	Saatgut nicht auf Pathogene untersucht Eigener Nachbau	
Saatstärke	10 kg/ha	Reihenabstand:	12,5 cm
Pfleßmaßnahmen und Ernte			
Maschinenhacke		0	
Drusch		14.8.2012	

Die MP 20 und 21 lagen im unteren Bereich des Feldes, MP 22 auf einer kleinen Kuppe und MP 23 und 24 im oberen Bereich. Der Schlag war an Nord- und Südseite von Feldwegen, an der Westseite von einer Wiese (hauptsächlich Klee) und die Ostseite von einem Getreidefeld eingeschlossen.

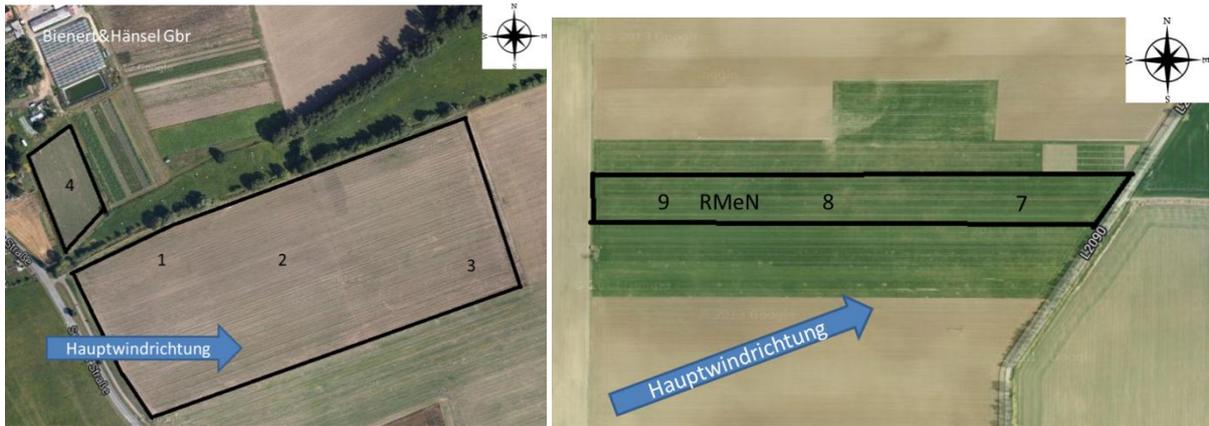


**Abb. 4:** Vermehrungsflächen der Betriebe Thüringen 1 (links) und Thüringen 2 (rechts) im Jahr 2012

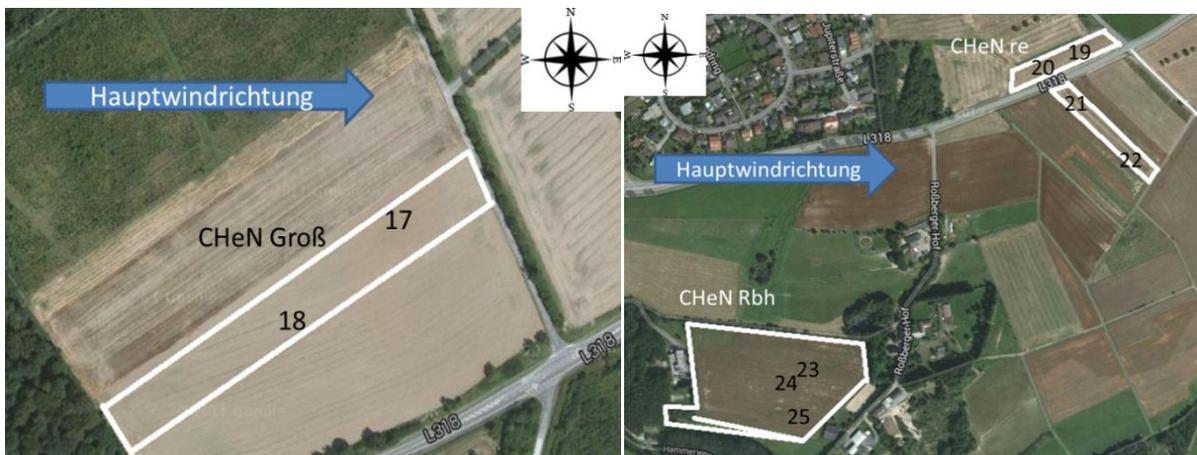
Es wurde eine Messung der Bodeneindringtiefe mit einem Penetrologger vorgenommen. Die Eindringtiefe variierte zwischen 7 und 80 cm, dabei waren minimal 7 cm, maximal 66 cm auf den steinigen Flächen von Betrieb Hessen Mitte und Thüringen 2. Aufgrund des hohen Steinanteils waren die Werte für den minimalen und maximalen Eindringdruck nur als Richtwerte zu sehen, da das benutzte Gerät nur bei gleichmäßigem Eindringen mit der Penetrologgerspitze zuverlässige Werte liefert.

### Standortbeschreibungen 2013

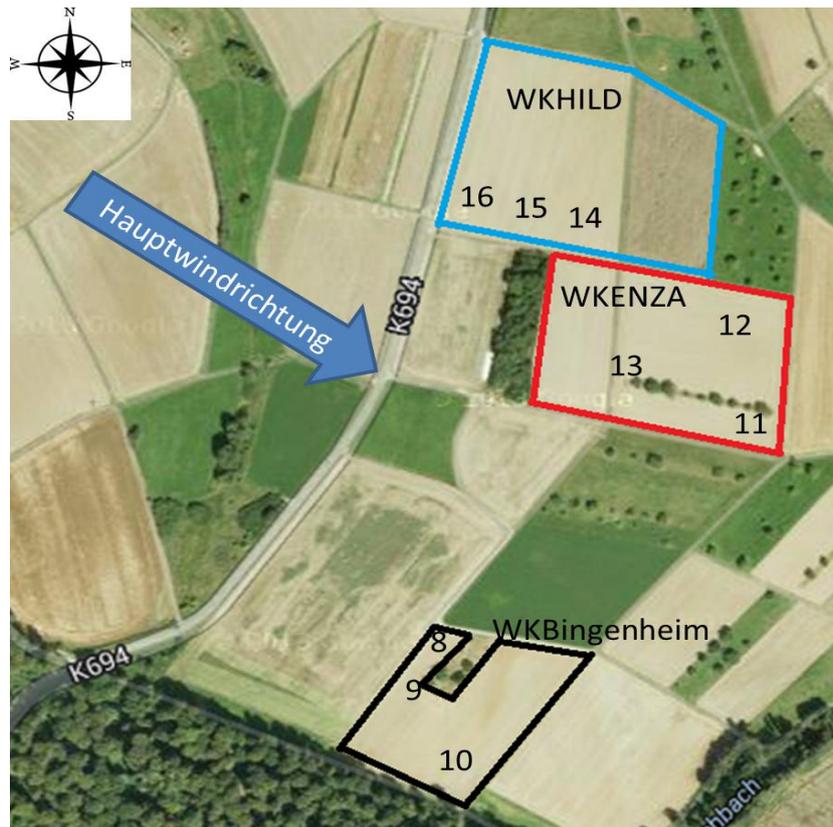
Die Flächen wurden entsprechend der Betriebe mit einem Kürzel für die Saatgutherkunft und die Schlagbezeichnung versehen. Bei der Saatgutherkunft wurde unterschieden in: eN = eigener Nachbau, WKBingenheim = Bingenheimer Saatgut AG, WKHILD = HILD Samen GmbH, WKENZA = Enza Zaden. Insgesamt waren alle Vermehrungsflächen offenlagig (Abb.5). Nur einzelne Bäume oder Baumreihen waren an Feldrändern zu sehen. Eine Ausnahme bildete die Fläche von Betrieb Rheinland-Pfalz (Abb. 6). Der 1 ha große Schlag wurde auf einer Seite von Wald begrenzt.



**Abb. 5:** Vermehrungsflächen 1 (4 ha) und 2 (23 ha) Betrieb Sachsen (links) und Betrieb Thüringen 1 (rechts, 40 ha), 2013



**Abb. 6:** Vermehrungsflächen Betrieb Rheinland-Pfalz in Großholbach mit 5,6 ha (links) und Montabaur mit 4,2 ha (rechts) im Jahr 2013



**Abb. 7:** Vermehrungsflächen von Betrieb Hessen-West mit drei unterschiedlichen Saatgutherkünften mit 11, 19 und 21 ha im Jahr 2013

Die Betriebe Rheinland-Pfalz und Hessen-West vermehrten die Kresse auf leichten Böden mit 32 - 35 Bodenpunkten. Die Bodenart war überwiegend schluffiger Lehm. Die Vermehrungsflächen in Thüringen (Lößboden) und Sachsen (sandiger Lehm) lagen auf Böden mit höherer Ackerzahl (50 - 80). Die Betriebe im Westen wählten mit etwas späteren Aussatterminen und höheren Saatstärken unterschiedliche Anbauverfahren im Vergleich zu den beiden Ostbetrieben. Bei dem verwendeten Saatgut handelte es sich sowohl um eigenen Nachbau als auch um Handelssaatgut.

**Tab. 11:** Verfahren der Bestandesetablierung der Kressevermehrungsflächen im Jahr 2013

Betrieb	Aussattermin	Saatstärke (kg/ha)	Reihenabstand in cm
Betrieb Hessen West	29.4.	11	12
Betrieb Sachsen	21.4.	7	25
Betrieb Thüringen 1	22.4.	5	37,5
Betrieb Rheinland-Pfalz	30.4.	11	12

**Tab. 12:** Verwendete Saatgutpartien für die Kresse-Vermehrungsflächen 2013 (die Erregeridentifikation wurde mit PCR durchgeführt)

<b>Betrieb Hessen West</b>	Bingenheimer Saatgut AG, Einfache Kresse	Herkunft HIID	Herkunft ENZA
Pathogensituation	<i>Albugo</i> sp.; kein <i>P. lepidii</i> kein <i>A. lepidii</i>	kein <i>P. lepidii</i> kein <i>A. lepidii</i>	kein <i>P. lepidii</i> kein <i>A. lepidii</i>
<b>Betrieb Sachsen</b>	Eigener Nachbau aus 2012		
Pathogensituation:	<i>Alternaria</i> sp.; Kein <i>P. lepidii</i>		
<b>Betrieb Thüringen 1</b>	Eigener Nachbau aus 2012		
Pathogensituation:	unbekannt		
<b>Betrieb Rheinland-Pfalz</b>	eigener Nachbau 2011	Saatgut von Nachbarbetrieb (eigene Vermehrung, 2012)	
Pathogensituation:	Kein <i>P. lepidii</i>	Kein <i>P. lepidii</i>	

In Sachsen und Thüringen stand die Kresse nach Feldgemüse, auf den Flächen in Hessen und Rheinland-Pfalz nach 2-jährigem Klee gras.

### 3. 1. 1. 3 Erfassung der Klimadaten

Die Klimadaten während der Vegetation wurden großräumig von der jeweils nächstgelegenen Wetterstation bezogen. Zur Erfassung des Klimas im Bestand konnten ab 2012 Datenlogger zur Aufzeichnung von Temperatur und Luftfeuchte genutzt werden (Abb. 8).



**Abb. 8:** Temperatur- und Luftfeuchtlogger von Tinytag und Positionierung im Bestand

### 3. 1. 1. 4 Schaderregerbonitur

Um das Auftreten von Schaderregern in den Kresse-Vermehrungsbeständen zu erfassen, wurden zu unterschiedlichen Pflanzenentwicklungsstadien während der Vegetationsperiode Bonituren durchgeführt. Da zu Projektbeginn nur wenige Erfahrungen mit der Bonitur von *P. lepidii* und *A. lepidii* vorlagen, wurde das Boniturschema im Verlauf des Projektes optimiert. Die Durchführung ist in Tab.13 beschrieben.

**Tab. 13:** Schaderregerbonitur in den Kressevermehrungsschlägen, 2011-2013

Boniturmerkmal	Methodik	Jahr
Gesamtzustand des Vermehrungsbestandes	<p>Beschreibung eines Gesamteindrucks der Befallssituation, Vergabe einer Boniturnote für den Gesamtbestand</p> <p>Boniturnote</p> <p>1 = kein Befall,                      2 = erste Befallssymptome sichtbar  3 = geringer Befall                4 = geringer bis mittlerer Befall  5 = mittlerer Befall                6 = mittlerer bis starker Befall  7 = starker Befall                 8 = starker bis sehr starker Befall  9 = sehr starker Befall, Totalausfall</p>	2011
Einzelpflanzenbonitur an den Messpunkten	<p>Entnahme von 10 Pflanzen/Messpunkt, Unterteilung in drei Abschnitte: unterer Pflanzenbereich = unterhalb der ersten Verzweigungen, mittlerer Pflanzenbereich = ab Verzweigungen bis zu den ersten Blüten/Fruchtständen, oberer Pflanzenbereich = Blüte/Samenstände.</p> <p>Einzelpflanzenbonitur auf Schadsymptome der Zielpathogene.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bonitur der Befallsstärke der gesamten Pflanze. Boniturnoten 1 – 9. (siehe Definition Gesamtzustand)</li> <li>- Bonitur der Befallsstärke in den einzelnen Pflanzenabschnitten: Boniturnote und prozentuale Einschätzung der Befallsstärke (0 bis 100 % geschädigte Blattfläche, bzw Pflanzenteile). Vorlage zur Ermittlung des prozentualen Deckungsgrades in Anhang 1 und Logarithmischer Boniturschlüssel.</li> </ul> <p>Zusätzlich wurden die aufgetretenen Krankheiten in ihrer prozentualen Häufigkeit je MP erfasst (Befallshäufigkeit).</p>	2011 2013
Einzelpflanzenbonitur an den Messpunkten	<p>Entnahme von 10 Pflanzen/Messpunkt, Einzelpflanzenbonitur auf Schadsymptome der Zielpathogene.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bonitur der Befallsstärke der gesamten Pflanze. Boniturnoten 1 – 9. (siehe Definition Gesamtzustand) und prozentuale Einschätzung der Befallsstärke (0 bis 100 % geschädigte Blattfläche, bzw Pflanzenteile). Vorlage zur Ermittlung des prozentualen Deckungsgrades in Anhang 1 und Logarithmischer Boniturschlüssel.</li> </ul> <p>Zusätzlich wurden die aufgetretenen Krankheiten in ihrer prozentualen Häufigkeit je MP erfasst (Befallshäufigkeit = Anteil befallener Pflanzen).</p>	2012

### 3. 1. 1. 5 Weitere Prüfmerkmale

Zur Beschreibung der Pflanzenentwicklung und der Ertragsbildung wurden in den drei Projektjahren ausführliche Bonituren auf den Praxisflächen durchgeführt (Tab. 14). Die an den jeweiligen Messpunkten gewonnenen Saatgutproben wurden teilweise bei den Projektpartnern in Grow-Out Tests weiter untersucht oder mittels PCR auf die Zielschaderreger analysiert.

**Tab. 14:** Entwicklungsbonitur und Ertragsmessung auf den Praxisschlägen zur Kressevermehrung in den Jahren 2011 - 2013

Boniturmerkmal	Methodik	Jahr
Feldaufgang und Pflanzendichte	Auszählen der Pflanzen an 3 x 1 laufender Meter/MP Ermittlung der Pflanzenzahl/m <sup>2</sup> , Berechnung des Feldaufgangs in % nach der dem Auflaufen und zu jedem Boniturtermin	2012 2013
Pflanzendichte	Auszählen der Pflanzen an 3 x 1 laufender Meter/MP zur Ernte	2011
Pflanzenhöhe	Ausmessen von 10 Pflanzen/MP zur Ernte	2011
	Ausmessen von 10 Pflanzen aus dem Bestand zu jedem Boniturtermin	2012 2013
Pflanzenentwicklungsstadium	Auswahl eines BBCH Codes/Messpunkt zu jedem Boniturtermin (BBCH-Skala Raps) zur Beschreibung des phänologischen Entwicklungsstadiums der Kresse	2011 2012 2013
Ertragsmessung Druschgewicht	Handernte von 1 m <sup>2</sup> /Messpunkt	2011
Ertragsmessung Gereinigtes Saatgut	1 m <sup>2</sup> /Messpunkt, Siebreinigung	2011
Tausendkornmasse Erntegut	Kornzählgerät Seedcounter, Fa. Pfeuffer + Waage	2011
Keimfähigkeit Erntegute	3 x 100 Korn, auf Filterpapier im Jakobsentank, 20 °C,	2012
PCR Erntegut	Proben von Kressesamen wurden mittels PCR auf die Hauptschaderreger <i>P. lepidii</i> untersucht. Die PCR Untersuchungen wurden von der Firma IDENTXX durchgeführt	2011 2012 2013
Bodenfeuchte	Gravimetrische Bestimmung der Bodenfeuchte in 30 cm Tiefe durch Rücktrocknung im Trockenschrank, 104 °C, 24 h zu jedem Boniturtermin, bzw. zur Ernte (2011)	2011 2012 2013
Bodeneindringwiderstand	Penetrologger (Eijkelkamp, Giesbeck, NL), 0-80 cm, Eintriebskonus 1 cm <sup>2</sup> mit einer Spitze von 60°, mittlere Geschwindigkeit von 1 cm/s	2012
Nmin-Gehalt im Boden	Vegetationsbeginn, Bestimmung Nmin in 30 cm Tiefe, Universität Hannover	2012 2013
Gehalt organischer Substanz im Boden	Vegetationsbeginn, Bestimmung Nmin in 30 cm Tiefe, Universität Hannover	2012 2013
Unkrautbestimmung	Bestimmung des Artenspektrums am Messpunkt, Bonitur von Schadsymptomen am Unkraut	2011 2012 2013

Witterungsverlauf	Nächstgelegene Wetterstation	2011 2012 2013
Bestandesklima	Temperatur- und Luftfeuchtemessung im Bestand mit Tinytag plus2 Logger (Gemini Datalogger Ltd., West Sussex, UK)	2012 2013

### 3. 1. 1. 6 Statistische Verrechnung der Daten

Neben einer deskriptiven Statistik der erhobenen Daten, erfolgte für einige Datenreihen die Berechnung von Korrelations-, Regressions- und Varianzanalysen mittels SPSS Version 21 (2011) und R-Version 2.15.0 (2012 + 2013).

### 3. 1. 2 Grow-Out-Test im Freiland

Im Folgenden wird die Untersuchung des Epidemieverlaufs beschrieben, der nach Aussaat von Saatgutpartien mit unterschiedlichen Kontaminationsraten von *P. lepidii* im Vergleich zu erregerefreien Partien an Nichtbefalls-Standorten (Feld-Grow-Out) beobachtet wurde. Dabei wurde in zeitlich enger Bonitur das primäre Krankheitsauftreten an einzelnen Pflanzen erfasst. Mittels dieser PCR konnte *P. lepidii* an Saatgutproben nachgewiesen werden. Ausgewählt wurden die in Tab.15 beschriebenen Saatgutpartien. Ebenfalls berücksichtigt wurde bei der PCR basierten Identifikation der Erreger die Kontamination mit *A. lepidii*. Um Primärinfektionen aus dem Boden auszuschließen, erfolgte der Anbau auf einem unbelasteten Standort, auf dem zuvor keine Kresse angebaut wurde.

**Tab. 15:** Charakterisierung der verwendeten Saatgutpartien im Feld-Grow-Out von *P. lepidii* an Gartenkresse am Standort Klein-Altendorf 2014

Herkunft	Vermehrungssituation	PCR Nachweis <i>P. lepidii</i> <sup>1)</sup>	PCR Nachweis <i>A. lepidii</i> <sup>1)</sup>	KF in % <sup>2)</sup>	Sonstige Pathogene <sup>3)</sup>
Herkunft Bienert, Heissdampf-behandelt	Eigene Vermehrung aus 2013, Aufbereitung bei Bingenheimer Saatgut AG, 2013 im Anbau befallsfrei	negativ	positiv	94	Keine parasitären Pilze nachweisbar
Herkunft Marold	Eigene Vermehrung aus 2013, Elektronen-behandelt, Starker Befall in 2013, Bestand umgebrochen, Sorte 'Einfache'	positiv	negativ	92	Keine parasitären Pilze nachweisbar
Herkunft Abtei Maria Frieden	2013 Saatgut aus Österreich bezogen, Anbau 2013 befallsfrei	negativ	positiv	92	Keine parasitären Pilze nachweisbar

Herkunft konventionell		Positiv	negativ	77	Keine parasitären Pilze nachweisbar
Herkunft Bienert, unbehandelt		Negativ	positiv	92	1% <i>Alternaria brassicae</i>

<sup>1)</sup> PCR Untersuchung: Firma IDENTXX; <sup>2)</sup> Keimfähigkeit in %: eigene Untersuchungen nach ISTA, 4 x 100 Korn, Top of Paper T: konstant 20 ° C, 8 h Licht, 4 x 100 Korn; <sup>3)</sup> Feuchte Kammer, es wurden am jeweils 100 Korn im Faltenfilter ausgelegt. Die mikroskopische Bonitur erfolgte nach 7 bzw. 8 Tagen, Roswitha Ulrich Regierungspräsidium Gießen, Pflanzenschutzdienst

Die Versuche wurden auf dem Versuchsgut der Universität Bonn, am Campus Klein-Altendorf durchgeführt. Es handelt sich um einen Ackerbaustandort, zwischen Meckenheim und Rheinbach in der südlichen Niederrheinischen Bucht. Der Boden ist eine basen- und nährstoffreiche Parabraunerde (Tab. 16).

**Tab. 16:** Bodeneigenschaften am Standort Campus Klein-Altendorf

Parameter	Erläuterung	Erklärungen
Geografische Länge	6° 59' 32 E	Geografische Lage *)
Geografische Breite	50° 37' 51 N	
Grundwasserspiegel	20 m	mitteltief
Hangneigung	0,5 - 1,0°	nahezu eben
Bodentyp	Parabraunerde	Löß, schwach erodiert
Bodenart	lehmiger Schluff (IU)	Schwankt von IU - tL
Ackerzahl	93	Pflanzenbaulich sehr wertvoll

\*) WGS (World Geodetic System) 84

Das Klima in der Niederrheinischen Bucht ist atlantisch geprägt. Der Standort Klein-Altendorf liegt – bei vorherrschender Westwindlage – im Regenschatten der Eifel, im wärmeren, ländlichen Teil der Niederrheinischen Bucht, so dass sich Regenwolken vom Atlantik größtenteils über der Eifel abregnen. Der mittlere Jahresniederschlag der Jahre 1956 bis 2014 beträgt in Klein-Altendorf 603 mm und die Jahresmitteltemperatur für diesen Zeitraum 9,4° C. Die Vegetationsperiode umfasst 165 - 170 Tage.

Auf den Flächen wurde Kresse bislang nicht angebaut, die Böden und Arbeitswerkzeuge sind somit unbelastet. Da in der Umgebung des Versuchsstandortes kein Anbau von Kresse erfolgt, sind sekundäre Infektionen ebenfalls auszuschließen. Der Feld-Grow-Out Test wurde als randomisierte Blockanlage, mit dreifacher Wiederholung der Varianten angelegt und in zwei Versuchsdurchgängen hintereinander auf verschiedenen Flächen zu unterschiedlichen Witterungs-Bedingungen wiederholt (Abb. 9). Die Parzellengröße

betrug 7,5 m<sup>2</sup> (3 x 2,5 m). Die Aussaat des ersten Durchgangs erfolgte am 14.05.2014, die Saat des zweiten Durchgangs am 2.7.2014. Die einzelnen Parzellen wurden durch Getreideeinsaaten voneinander getrennt. Die Aussaatstärke wurde mit 3 kg/ha geringer als in der Praxis üblich gewählt, um eine Einzelpflanzen-Bonitur zu ermöglichen. Gesät wurde mit der betriebseigenen Hege-Parzellendrilltechnik mit einem Reihenabstand von 25 cm.



V5		V3		V2
V4		V1		V3
V3		V4		V5
V2		V5		V1
V1		V2		V4

**Abb. 9:** Versuchsanlage Feld-Grow-Out bei Kresse, Versuchsplan: V1 = Variante 1

Vorfrucht auf der Versuchsparzelle des 1. Durchgangs war Wintergerste und auf der Fläche des 2. Durchgangs Winterweizen und anschließend Bohnenkraut. Es wurden keine Dünge- oder Pflanzenschutzmaßnahmen durchgeführt. Die Erfassung der Klimadaten erfolgte über die Wetterstation des Campus Klein-Altendorf. Zusätzlich wurden im Bestand Temperatur und Luftfeuchte gemessen (Tinytag-Logger). Hier wurde die Windgeschwindigkeit [m s<sup>-1</sup>], die relative Luftfeuchte [%], die Temperatur [°C] in 5 cm und 2 m Höhe sowie der Niederschlag [mm] gemessen. Zusätzlich wurde die Bodentemperatur [°C] in -5 cm festgehalten (jeweils Tagesmittelwerte, bzw. Tagessummen). Nach dem Aufgang der Pflanzen wurde der Feldaufgang ausgezählt (3 x 1 laufender Meter/Parzelle). Dies geschah im 1. Durchgang am 26.05.14 (= 12 Tage nach Saat) und am 15.07.12 im 2. Durchgang (13 Tage nach der Saat).

Neben der Erfassung des Pflanzenentwicklungsstadiums (BBCH-Code für Raps\*) und der Pflanzenhöhe, wurde eine wöchentliche Befallsbonitur durchgeführt. Es wurden die Befallshäufigkeit, die Befallsstärke mittels eines Boniturschemas (1-9, 1=

fehlend bis 9= sehr starker Befall) und, mit Hilfe des logarithmischen Boniturschlüssels (0-100%), die prozentuale Stärke des Schädigungsgrades festgehalten. Höhe und BBCH-Stadium wurden an 5 markierten Pflanzen/Parzelle gemessen; der Befall jeweils an allen Pflanzen.

Zur Abschlußbonitur wurden sämtliche Pflanzen aller Parzellen auf Schadsymptome bonitiert und klassifiziert. Die Abschlußbonitur geschah zu dem Zeitpunkt, zu dem Symptome deutlich sichtbar waren, die ersten Sporen sichtbar wurden und damit eine Sekundärinfektion nicht mehr ausgeschlossen werden konnte. Die PCR-basierte Identifikation des Erregers anhand von frischen Pflanzenproben aus den einzelnen Versuchspartellen übernahm die IDENTXX GmbH.

Die erhobenen Daten wurden teilweise statistisch verrechnet (Feldaufgang, Abschlußbonitur) oder nur als Mittelwerte (Befallsbonitur) dargestellt.

### 3. 1. 3 Prüfung von Pflanzenschutz- und Pflanzenstärkungsmitteln

Die Erzeugung von befallsfreiem Kressesaatgut war ein primäres Ziel des Vorhabens. 2014 sollte geprüft werden, inwieweit der Einsatz von Pflanzenschutz- oder Pflanzenstärkungsmitteln den Befall mit Falschem Mehltau verzögern oder gar verhindern kann. Ausgewählt wurden verschiedene Mittel, von denen eine Wirkung auf zu erwarten war oder die durch ihre pflanzenstärkenden Mechanismen im Einsatz gegen Erreger von Falschem Mehltau an anderen Pflanzenarten positiv auffielen. Berücksichtigt wurden sowohl die Saatgutbehandlung als auch die Spritzapplikation auf die Pflanzen. Die Versuche wurden als Gefäßversuche im Gewächshaus und auf einer Freilandfläche des Campus Klein-Altendorf durchgeführt (s. Standortbeschreibung unter 3.2.). Es wurde eine Saatgutpartie aus ökologischer Vermehrung vom Betrieb Keller verwendet, an der mittels PCR eine Kontamination mit *P. lepidii* aber nicht mit *A. lepidii* nachgewiesen wurde (Tab. 17).

**Tab. 17:** Im Pflanzenschutz/Pflanzenstärkungsmittelversuch an Kresse verwendete Saatgutpartie, Standort Klein-Altendorf 2014

Herkunft	Vermehrungssituation	PCR Nachweis <i>P. lepidii</i>	KF in % <sup>1)</sup>	Sonstige Pathogene <sup>2)</sup>
Hof Keller Partie Nr. 06827	Eigene Vermehrung aus 2006, Aufbereitung bei Bingenheimer Saatgut AG, 2013 im Anbau befallen	positiv	82,3 %	Keine parasitären Pilze nachweisbar

<sup>1)</sup> Keimfähigkeit in %: eigene Untersuchungen nach ISTA, 20 ° C, 8 h Licht, 4 x 100 Korn, <sup>2)</sup> Feuchte Kammer, es wurden am jeweils 100 Korn im Faltenfilter ausgelegt. Die mikroskopische Bonitur erfolgte nach 7 bzw. 8 Tagen, Roswitha Ulrich Regierungspräsidium Gießen

Bei den geprüften Mitteln wurde als Fungizidstandard Kupfer ausgewählt. Da die Zulassungssituation der Pflanzenstärkungsmittel in den letzten Jahren novelliert

wurde, änderte sich für manche Produkte die entsprechende Zuordnung. Im weiteren Verlauf wird daher von pflanzenstärkenden Mitteln gesprochen. Tab. 18 zeigt die verwendeten Mittel und deren Einsatz im Versuchsablauf. Die einzelnen Prüfmittel sind in Tab. 19 beschrieben.

**Tab. 18:** Einsatz von Pflanzenschutz- und pflanzenstärkenden Mitteln bei Kresse, Standort Klein-Altendorf 2014

Versuchsbezeichnung (Versuchszeitraum)	Versuchsvarianten	Mittelaufwand
Saatgutbehandlung in nicht infiziertem Substrat  Gefäßversuch im Gewächshaus  (März – Mai 2014)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. unbehandelte Kontrolle</li> <li>2. Skarifiziert</li> <li>3. Vorgequollen</li> <li>4. Skarifiziert + Vorgequollen</li> <li>5. Tillecur</li> <li>6. Skarifiziert + Tillecur</li> <li>7. VitoVin</li> <li>8. Skarifiziert + VitoVin</li> <li>9. Natural Green</li> <li>10. Skarifiziert + Natural Green</li> </ol>	Trockenbeize im Überschussverfahren bei allen Varianten
Saatgutbehandlung in infiziertem Substrat  Gefäßversuch im Gewächshaus  (Mai – Juni 2014)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. unbehandelte Kontrolle</li> <li>2. Skarifiziert</li> <li>3. Skarifiziert + Vorgequollen</li> <li>4. Vorgequollen</li> <li>5. Tillecur</li> <li>6. Skarifiziert + Tillecur</li> <li>7. Vorgequollen + Tillecur</li> <li>8. Skarifiziert + Vorgequollen + Till.</li> <li>9. VitoVin</li> <li>10. Skarifiziert + VitoVin</li> <li>11. Skarifiziert + Vorgequollen + Vitovin</li> <li>12. Natural Green</li> <li>13. Skarifiziert + Natural Green</li> <li>14. Vorgequollen + Natural Green NG</li> <li>15. Skarifiziert + Vorgequollen + NG</li> </ol>	Trockenbeize im Überschussverfahren bei allen Varianten
Spritzbehandlung  Gefäßversuch im Gewächshaus  In infizierten und nicht infiziertem Boden  (März – Mai 2014)	1. Kontrolle	
	2. Kontrolle, inf. Boden	
	3. VitoVin, nicht inf. Boden	2g/l/m <sup>2</sup> wöchentlich
	4. VitoVin, inf. Boden	
	5. Cuprozin progress, nicht inf. Boden 6. Cuprozin progress, inf. Boden	2*2,0l/ha
	7. Cuprozin progress, nicht inf. Boden 8. Cuprozin progress, inf. Boden	4*0,5l/ha
	9. Frutogard, nicht inf. Boden 10. Frutogard, inf. Boden	0,2% wöchentlich
11. Wasser, nicht inf. Boden 12. Wasser inf. Boden	tropfnasse, wöchentlich	

Spritzbehandlung Gefäßversuch im Gewächshaus in infiziertem Boden  (Juni – August 2014)	1. Kontrolle	
	2. Wasser	tropfnass
	3. Kendal TE	3l/ha
	4. VitoVin	1g/l/m <sup>2</sup>
	5. Aqua.protect	300l/ha
	6. Cuprozin progress	2*2,0l/ha
	7. FZB 24	Trockenbeizung
	8. Knoblauchsud	
Spritzversuch Freilandversuch  (Mai – Juli 2014)	1. Kontrolle	
	2. Saatgutbehandlung mit VitoVin anschließend Spritzbehandlung	2 g/l/m <sup>2</sup>
	3. Cuprozin progress	4*0,5l/ha
	4. aqua.protect	300l/ha
	5. Recover RX	20l/ha alle zwei Wochen

Alle Mittelprüfungen wurden mit einer unbehandelten Kontrolle und teilweise zusätzlich mit einer wasserbehandelten Kontrolle durchgeführt. Bei der Saatgutbehandlung wurden die Prüfmittel kombiniert mit einem Vorquellen (10 Minuten) der Samen, mit einem Aufrauen der Samenschale (Skarifizieren) sowie der Kombination aus Skarifizieren und Vorquellen. Da bislang zur Lokalisierung des Erregers im/am Saatgut wenig bekannt ist, sollte durch diese Maßnahmen eine Stärkung der Wirksamkeit der Prüfmittel untersucht werden. Das vorgequollene Saatgut wurde rückgetrocknet, ggf. behandelt und alle Varianten direkt im Anschluss gesät. Die pulverförmigen Saatgutbehandlungsmittel wurden im Überschussverfahren angewendet. Die Spritzapplikation der Prüfmittel auf die Pflanzen erfolgte bei den Gefäßversuchen mit einer Handpumpspritze und im Freiland mit einer fahrbaren Versuchsspritze.

**Tab. 19:** Beschreibung der Pflanzenschutz- und pflanzenstärkenden Mitteln bei Gartenkresse, Standort Klein-Altendorf 2014

Prüfmittel*	Wirksubstanz	Bemerkung
Cuprozin progress	Kupferhydroxide (Kupferhydroxid 460,6	Kontaktfungizid, Kupfer greift aktiv in den Stoffwechsel des Schaderregers ein. Unter-

Prüfmittel*	Wirksubstanz	Bemerkung
	g/l (entspr. 300 g/l Reinkupfer)  (Spiess-Urania GmbH)	brechung der Proteinsynthese, Inaktivierung enzymatischer Prozesse pilzlicher Schaderreger. Auskeimungen und das Wachstum der Pilzsporen verhindert. Vorbeugende  Wirkung gegen pilzliche Krankheitserreger, Verhinderung der Pilzinfektionen.
Aqua.protect	Elektrochemisch verändertes Wasser  Elektrochemische Aktivierung(ECA), (Electrolyzedoxidizing EO)	Das Produkt enthält 99,20% H <sub>2</sub> O, <0,40% Natriumchlorid und <0,5% Natriumhydroxid (NaOH), pH-Wert = 7. Keimtötende, bakterienabtötende, antivirale und partiell pilzabtötende Eigenschaften/Wirkung. Das veränderte Wasser reagiert bei Kontakt mit den Schaderregern auf der Pflanze und bildet Sauerstoffradikale (Oxidation), welche die Schaderreger zerstören und somit eine Ausbreitung durch eine Sekundärinfektion verhindern, befallsreduzierende Wirkung gegen/auf Oomyceten ( <i>Peronospora parasitica</i> , <i>Phytophthora infestans</i> ). Keine protektive Behandlung möglich. Laufendes Forschungsprojekt der BLE
Frutogard	Algenextrakt mit dem Zusatz des Kalisalzes der Phosphonsäure (Phosphorigen Säure) (KH <sub>2</sub> PO <sub>3</sub> + K <sub>2</sub> HPO <sub>3</sub> ) sowie Phosphat und Oligosaccharide	Pflanzenschutzmittel. Verstärkte pflanzen-eigene Abwehrbereitschaft gegenüber Schaderregern. Präventive Anwendung, induzierte Resistenz. Gewinnung aus Braunalgenextrakt.
FZB 24	Sporen eines natürlichen Boden-Mikroorganismus (Stamm <i>Bacillus amyloliquefaciens ssp. plantarum</i> ) (ABITEP GmbH)	biologischer Bodenhilfsstoff, Resistenzinduktion (Stimulation pflanzeneigener Abwehrkräfte), pflanzen-hormonähnliche Mechanismen (Förderung des Wachstums) und Hemmung von boden-bürtigen Krankheitserregern (Konkurrenz um Wurzelasscheidungen u.ä.).
Kendal	Pflanzenextrakte: 8 % Kalium (K <sub>2</sub> O): 15,5% 23% Kupfer  (SW Düngesysteme GmbH)	Resistenzinduktor gegen pilzliche Schad-erreger. Empfohlene Aufwandmenge für Blattapplikation bei Blattgemüse: 2,5- 3,0l/ha; alle 7-10 Tage. Bei Bewässerungsapplikation: (Berechnung): 8-11l/ha (Tröpfchenbewässerung): 100-200 ml Gießwasser/Pflanze. Empfohlen gegen Falsche Mehltau Erreger
Natural Green	Mikrogranulat aus Algenkalk	Mikronisierter (hochfein zerkleinerter) Algen-kalk mit hohem Anteil an Calcium, Magnesium, Spurenelementen und Silizium. Wird direkt über

Prüfmittel*	Wirksubstanz	Bemerkung
	(Eco Bio Systems)	Blatt aufgenommen. Bis 2011 eingetragenes Pflanzenstärkungsmittel, jetzt Blattdünger. Empfohlene Applikation erfolgt als 0,1 bis 0,5%ige Blattdüngung (0,5 – 3 kg/ha). Behandlung 2 – 4 mal im Abstand von 10-21 Tagen wiederholen
Recover RX	Blattdünger mit Salizylsäure (18%) und einer einzigartigen Phosphit-Phosphormischung  (Gerlach GmbH)	Aufwandmenge Kräuter Freiland: 5-30l/ha alle 14 Tage im frühem Entwicklungsstadium (Gerlach Dünger GmbH). Zur Nährstoffversorgung und Aktivierung der pflanzeigenen Abwehrkräfte, Resistenzinduktor durch Salizylsäure und Phosphit, Salizylsäure 100% löslich
Tillecur	Tillecur besteht aus Mehlen einheimischer Pflanzen (u.a. Gelbsenfmehle)  (BioFa GmbH)	Verbessert Triebkraft und Feldaufgang von Getreide, allgemeine Gesunderhaltung der Pflanze. Starke und kräftige Keimlinge sind robuster gegenüber biotischen und abiotischen Stress. Einsatz bei Befall mit <i>Tilletia tritici</i> : Trockenbeize (Sporenbesatz weniger als 500 Sporen/Korn): 1.5 kg Tillecur mit 100 kg Saatgut durchmischen; Feuchtbeize (Sporenbesatz von über 500 Sporen/Korn): 1 kg Tillecur mit 5 l Wasser und 100 kg Saatgut vermischen; offen und flach trocknen (Rücktrocknung)
VitoVin	Traubenkernextrakt. Hergestellt aus Traubenkernen von frischem Traubentrester, ausgesiebt und getrocknet. Extraktion der geschroteten Kerne mit Alkohol /Wasser-Gemisch. Aufreinigung und Rückgewinnung bis hin zum pulvrigen Extrakt.  (AgroScience)	Gelistet als Pflanzenstärkungsmitteln (Stand 12/14), Pflanzenstärkung durch primäre und sekundäre Pflanzenstoffe, Mineralien und Nährstoffe (Quelle: AgroScience). Empfohlene Aufwandmenge: 2g/l/m <sup>2</sup> Versuchsergebnisse: positive Wirkung gegen <i>Plasmopara viticola</i> an Reben Entwicklung wurde gefördert im Bundesprogramm Ökologischer Landbau (FKZ: 09OE040)
Knoblauch	Inhaltsstoff Allicin	Allicin wird im allgemeinen für fungizide Wirkung verantwortlich gemacht

\* ausführliche Literatur zu den verwendeten Mitteln finden sich unter Angabe von Literaturquellen in der Masterarbeit von Daniela Schlein, „*Perofascia lepidii* - ein neuartiger Schaderreger in der Saatgutvermehrung von Kresse-Behandlungsmöglichkeiten mit verschiedenen Pflanzenschutzmitteln und Pflanzenstärkungsmitteln“ Universität Bonn, Forschungsbereich Nachwachsende Rohstoffe, 2015

Für die Gefäßversuche wurden Töpfe mit 19 cm Ø verwendet und mit Bio-Anzuchtsubstrat gefüllt. Für die Varianten in infiziertem Boden, wurde von einem Praxisschlag mit Kressevermehrung Boden aus einer Schichttiefe von 5-20 cm entnommen und in das Topfsubstrat eingemischt. Die Kresse der Praxisfläche war 2013 stark mit Falschem Mehltau befallen. Die Durchführung der Versuche fand auf

einer Rolltischanlage im Gewächshaus am Campus Klein-Altendorf statt, deren Tische durch eine Anstaubewässerung versorgt wurden. In den Versuchen wurden keine Düngungsmaßnahmen durchgeführt. Im Gewächshaus wurden Nützlinge gegen Befall mit der Mehligen Kohlblattlaus und Thripse eingesetzt.

In den Gefäßversuchen wurde mit 3 Pflanzen/Topf gearbeitet, bei 4 Gefäßen/Variante. Um Kontaminationen untereinander oder Auswaschungen der Prüfmittel zu vermeiden, wurde jeweils eine Variante auf einem Tisch aufgebaut. Es konnte deshalb nicht mit echten Wiederholungen gearbeitet werden. Im Freiland wurde in einem vollrandomisierten Exaktversuch, jeweils 4 Wiederholungen/Variante angelegt. Die Parzellen waren durch einen 1 m breiten Getreidestreifen voneinander getrennt (s. Anlage Grow-Out).

Neben der Keimfähigkeit (Gefäß) und dem Feldaufgang (Freiland), wurde zu den wöchentlichen Boniturterminen die Pflanzenhöhe gemessen, die phänologische Entwicklung mit BBCH-Codierung festgehalten und eine Bonitur auf typische Schadsymptome von *P. lepidii* und *A. lepidii* durchgeführt (s. Methodik Grow-Out).

### **3. 1. 4 Beschreibung der Schadsymptome**

Für die Beschreibung und Zuordnung der Schadsymptome wurde mit Bildmaterial von R. Ulrich, R. Djalali Farahani-Kofoet und eigenen Aufnahmen gearbeitet.

#### **Falscher Mehltau (*Perofascia lepidii*)**

Frühe Symptome sind aufgehellte, gelbliche Blattareale, Seitentriebe oder ganze Pflanzen mit stark gestauchtem Wuchs und verdrehten Blättern. Bislang wurde das Erstauftreten der Schadsymptome von *P. lepidii* meist 5-6 Wochen nach der Saat, ab der Rosettenbildung, beobachtet. Bei späterem Befall des Erregers kann es zur Sporulation kommen: nach kurzen Feuchtperioden treten die charakteristischen Sporangienträger auf, sichtbar als dichter, weißer Belag, blattunterseits oder auf den Stängeln. Die Blattadern sind meist frei von Belag und gut sichtbar (Abb. 10). Die Stiele sind verdickt, teilweise aufgeplatzt, verdreht oder verkrümmt und zeigen schwarz-lila Verfärbungen. Die Samenstände können ebenfalls mit weißem Belag bedeckt und massiv deformiert sein. Der dichte weiße Belag besteht aus unzähligen Konidienträgern und Konidien des Erregers.



**Abb. 10:** Typische Symptome von Falschem Mehltau im Rosettenstadium und zur Blüte

**Weißer Rost (*Albugo lepidii*, *Albugo candida*)**

Frühe Symptome für einen Befall mit Weißem Rost sind aufgehellte, weißliche Stellen meist an der Blattoberseite (Abb.11). Sehr schnell wird der typische reinweiße Sporenrasen sichtbar.



**Abb. 11:** Sporenlager von Weißem Rost (*A. lepidii*) an Großblättriger Kresse

Außerdem wurde eine Abbildung von Falschem Mehltau an Leitdotter einbezogen (*Peronospora parasitica*), der von Föller (2000) bearbeitet wurde. Der Befall wurde folgendermaßen beschrieben: „Auf der Blattunterseite, am Stängel oder Schötchen tritt ein dichter, weißer Konidienträgerrasen auf, der sich auf der Blattoberseite durch Vergilbungen äußert und oft ein dunkleres Zentrum besitzt. Bei starkem Befall sind die Blätter, oder die ganze Pflanze, hellgrün verfärbt und geschwollen; stark befallene Triebe welken, verbraunen und sterben vorzeitig ab.“



**Abb. 12:** Falscher Mehltau (*Peronospora parasitica*) (links) und Weißer Rost (*Albugo candida*) (rechts) an Leitdotter (Föller, 2000)

Ebenfalls von Föller (2000) wurde eine Beschreibung von Weißem Rost (*Albugo candida*) an Leitdotter genutzt: „Verschiedene oberirdische Pflanzenteile zeigen weißliche, kalkartige Flecke unterschiedlicher Form und Größe. Befallene

Pflanzenteile zeigen oft deutliche Wachstumshemmung, Wuchsveränderungen oder Deformationen, so besonders die Blattspreiten, Stängel und Blüten. Anfangs sind die Flecke glänzend, vorgewölbt und von der Kutikula bedeckt. Später platzt die Kutikula unter dem Druck der sich entwickelnden Konidienträger auf, und die im trockenen Zustand staubigen, weißen Konidien werden frei. Zur Fleckenbildung kommt es vorzugsweise auf der Blattunterseite. Das befallene Gewebe vergilbt und stirbt schließlich unter Verbraunung ab“.

Für frühe, möglicherweise primäre Infektionen über das Saatgut oder den Boden sind Wuchsdepressionen, Stauchungen und Verdrehungen typisch. Diese Symptome können allerdings sowohl bei *A. lepidii*, als auch bei *P. lepidii* auftreten und sind demnach kein eindeutiges Unterscheidungsmerkmal beider Erreger.

### **Echter Mehltau (*Erysiphe cruciferarum*)**

In den Gewächshausversuchen trat zudem Echter Mehltau (*Erysiphe cruciferarum*) an Kresse auf (Abb. 13), im Freiland in unterschiedlich starker Ausbildung *Alternaria brassicae*. Dieser Erreger tritt vor allem bei feucht-warmer Witterung auf und ist samenbürtig. Bei der Bingenheimer Saatgut AG wird der Befall mit *A. brassicae* im Vermehrungssaatgut untersucht und bei positivem Befall eine Heissdampfbehandlung durchgeführt. Problematisch ist der Blattfleckenerreger in der Sprossenproduktion, wo er zu kleinen braunen Flecken an den Keimlingen führen kann.



**Abb. 13:** Echter Mehltau an Gartenkresse

### **Schädlinge**

Beobachtet wurden zudem Erdflöhe (*Psylliodes chrysocephala*), die zu teilweise massiver Durchlöcherung der Blättern führten, Rapsglanzkäfer, *Meligethes aeneus* (vorwiegend an den Blüten, mit nachfolgend gestauchter Hauptinfloreszenz, (Abb.

14) und Raupen der Kohlblattwespe (*Althalia rosea*, Abb. 15), die massive Fraßschäden an den Kressepflanzen verursachten. Bei den Gewächshausversuchen trat Befall mit der Mehligen Kohlblattlaus (*Brevicoryne brassicae*) und Thripsen (*Frankliniella occidentalis*) auf.



**Abb. 14:** Rapsglanzkäfer an Gartenkresse



**Abb. 15:** Kohlblattwespenlarve an Gartenkresse

### **3. 2 Teilprojekt der JLU Gießen 2810OE115**

#### **3. 2. 1 Gefäßversuche**

Die durchgeführten Gefäßversuche wurden in Mitscherlich-Gefäßen (Volumen: 6 Liter je Gefäß) in der Gefäßstation Rauschholzhausen, Institut für Pflanzenbau und

Pflanzenzüchtung I der Justus-Liebig-Universität Gießen, durchgeführt. Die Gefäßstation liegt 220 m über NN am Rand des Amöneburger Beckens, nördlicher Ausläufer des Vogelsberges. Die mittlere Jahrestemperatur beträgt 8,4° C und das langjährige Mittel der Niederschläge beträgt 601 mm pro Jahr.

### 3. 2. 1. 1 Gefäßversuche Saatzeiten

#### Versuchsanlage und -durchführung

Der Saatzeiten-Versuch wurde in der Freilandanlage (Drahtkäfig) der Gefäßstation durchgeführt. Der für die Gefäßversuche verwendete Boden bestand aus einem Gemisch aus einem lokalen Lößboden (Herkunft Rauischholzhausen) und einem Sandboden im Verhältnis von 1:2. Der Boden wurde für jedes Gefäß gewogen und mit den nachfolgenden Nährstoffen versorgt: 1,5 g N; 0,3 g P; 1,5g K; 0,1 g Mg und 0,3 g Ca (Tab. 20 ). Vor Versuchsbeginn wurde die Wasserkapazität (WK) des Bodens (bei vollständiger Wassersättigung) gemessen. Auf dieser Basis erfolgte die Steuerung der Wasserversorgung der Gefäße während der Versuchsdurchführung durch wöchentliches Wiegen und durch Ausgleich des Wasserverbrauchs bis zu einem Wert von 70 % WK.

**Tab. 20:** Nährstoffe und Nährstoffmengen des Bodens in den Gefäßversuchen mit Garten-Kresse

Nährstoff	Düngerform	Menge an Nährstoffen (g/Gefäß)
N	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	1,5
P	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,3
K	K <sub>2</sub> O	1,5
Mg	MgSO <sub>4</sub>	0,1
Ca	CaO	0,3

Das verwendete Saatgut (G 250, Einfache Kresse, Ernte 2011) wurde von der Bingenheimer Saatgut AG zur Verfügung gestellt. Nach Angaben des Händlers war das Saatgut frei von Falschem Mehltau. Die Durchführung des Versuchs (in vier Wiederholungen), erfolgte im Jahr 2012 mit fünf und im Jahr 2013 mit sechs Varianten (= Saatzeiten) (Tab. 21). Die Gefäße wurden wöchentlich randomisiert. Die Zeitpunkte der Aussaat sind in Tab. 21 dargestellt.

**Tab. 21:** Übersicht über die Zeitpunkte der Aussaaten in den Saatzeitenversuchen 2012 und 2013

Nr. der Varianten	Jahr 2012	Jahr 2013
1	30.03. 2012	28.03. 2013

2	05.04. 2012	04.04. 2013
3	12.04. 2012	11.04. 2013
4	19.04. 2012	18.04. 2013
5	26.04. 2012	25.04. 2013
6	-	02.05. 2013

Die Ernte erfolgte im Stadium der Vollreife der Kressepflanzen. Die Aussaat-Verzögerung bewirkte im Jahr 2012 deutliche Reifeunterschiede, weshalb die Ernte zu zwei Terminen (Varianten 1 - 3 am 23.07.2012 und Varianten 4 - 5 am 27.07. 2012) erfolgte. Im Jahr 2013 sind dagegen alle Gefäße an einem Termin, am 01.08. 2013, geerntet worden.

### Prüfmerkmale

Als Prüfmerkmale wurden erfasst: Infektion mit Falschem Mehltau, Pflanzenlängen, Entwicklungsstadien der Pflanzen, Zahl der Seitentriebe pro Pflanze, Zahl der Schoten pro Pflanze, Kornertrag pro Gefäß, TS-Gehalt der geernteten Samen und die Tausendkornmasse pro Gefäß. Die Infektion mit Falschem Mehltau wurde in regelmäßigen Abständen nach der in Tab. 22 dargestellten Boniturskala überprüft und bewertet.

**Tab. 22:** Boniturskala für die Bewertung des Befalls der Gartenkresse mit Falschem Mehltau

Boniturnote	Beschreibung	%
1	kein Befall	0
2	sehr gering bis gering	> 0-2,5
3	Gering	> 2,5-5
4	gering bis mittel	> 5-10
5	Mittel	> 10-15
6	mittel bis stark	> 15-25
7	Stark	> 25-35
8	stark bis sehr stark	> 35-67,5
9	sehr stark	> 67,5-100

### 3. 2. 1. 2 Gefäßversuche Saatgutbehandlung

#### Versuchsanlage und -durchführung

Der zweifaktorielle Gefäßversuch Saatgutbehandlung (Prüffaktor A) x Wachstumsbedingungen (Prüffaktor B) ist in der Freilandanlage (Drahtkäfig) der Gefäßversuchsstation Rauschholzhausen (Phytotron) durchgeführt worden. Der Prüffaktor Saargutbehandlung beinhaltet eine unbehandelte Kontrolle,

Wasserdampfbehandlung bei 65°C (90 sec), Wasserdampfbehandlung bei 68°C (60 sec), Elektronenbehandlung 1 (11,9 kW/m) sowie Elektronenbehandlung 2 (17,9 kW/m).

Die Prüfstufen des Prüffaktors Wachstumsbedingungen sind: (1) Freiland-Bedingungen, (2) Pflanzenoberfläche trocken, (3) Pflanzenoberfläche periodisch feucht halten bis Schoßbeginn, (4) Pflanzenoberfläche feucht halten ab Schoßbeginn und (5) Boden kontaminiert (Boden aus der Praxis mit vorjährigem Kresse-Anbau). Prüfstufe 2 wurde realisiert, indem eine Plastik-Folie über die betreffenden Gefäße gespannt wurde (rain-shelter). Prüfstufe (3) und (4) sind durch manuelles Besprühen der Pflanzenoberfläche mit Wasser durchgeführt worden. Der "Boden kontaminiert" stammt aus dem Praxisanbau von einem Schlag, der im Vorjahr mit Falschem Mehltau infizierte Gartenkresse als Kultur hatte. Eine Übersicht über die Prüffaktoren und –stufen befindet sich in Tab. 23.

**Tab. 23:** Prüffaktoren und –stufen im Gefäßversuch Saatgutbehandlung

Nr.	Saatgutbehandlung (Prüffaktor A)	Wachstumsbedingungen (Prüffaktor B)
1	Ohne (Kontrolle)	Normal, Freilandbedingungen
2	WD 65°C, 90 Sekunden	Trocken (ständig trocken, rain-shelter)
3	WD 68°C, 60 Sekunden	Feucht bis Schoßbeginn
4	EB 1 (11,9 kW/m)	Feucht ab Schoßbeginn
5	EB 2 (17,9 kW/m)	Boden kontaminiert, Freilandbedingungen

Der für die Gefäßversuche verwendete Boden besteht aus einem Lößboden/Sand-Gemisch (Verhältnis 1:2). Der Boden (6 kg/Gefäß) wurde für jedes Gefäß gewogen und mit den nachfolgenden Nährstoffen versorgt: 1,5 g N, 0,3 g P, 1,5 g K, 0,1 g Mg und 0,3 g Ca. Der "Boden kontaminiert" stammt von einem Praxisbetrieb (Hessen Mitte). Dieser Boden ist mit je 5,5 kg/Gefäß eingewogen und mit denselben Nährstoffen und Nährstoffmengen, wie der Boden der übrigen Gefäße, versorgt worden.

Das Saatgut für diesen Versuch stammt aus dem ökologischen Anbau, Herkunft Marold (Ernte 2011). Dieses Saatgut ist durch Befall mit Falschem Mehltau charakterisiert. Die Keimfähigkeit liegt bei 100%, das TKG lag bei 2,7 g. Zur Aussaat sind 20 Körner pro Gefäß gesät worden. Im 2-Blattstadium wurden die Pflanzen auf 10 Pflanzen/Gefäß vereinzelt.

Im Jahr 2012 ist am 25.04. ausgesät worden (Aufgang der Pflanzen am 28.04.12). Die Ernte war am 27.07. 2012. Die Variante "Boden kontaminiert" ist am 12.07.12 von den Vergleichsgefäßen separiert worden. D.h. die Gefäße wurden aus dem Versuch entfernt (innerhalb des Käfigs anders positioniert), um die Ausbreitung des

Falschen Mehltaus auf Nachbargesäße (Sekundärinfektion) zu verhindern. Im Jahr 2013 wurde die Kresse am 18.04. gesät (Aufgang in den Gefäßen am 22.04.). Die Ernte der Kresse erfolgte in diesem Versuch am 01. 08. 2013.

### **Prüfmerkmale**

Das Auftreten und der Verlauf der Infektion mit Falschem Mehltau ist mit Hilfe der Boniturskala erfasst worden. Des Weiteren sind die Entwicklungsstadien bestimmt worden. Zudem sind Pflanzenhöhen gemessen worden. Darüber hinaus ist der Korn-Ertrag/Gefäß sowie das TKG bestimmt worden. Zusätzlich ist die Ertragsstruktur, anhand der Anzahl Seitentriebe 1. und 2. Ordnung und der Anzahl an Schoten/Pflanze bestimmt worden.

### **3. 2. 1. 3 Gefäßversuch Wachstumsbedingungen**

#### **Versuchsanlage und -durchführung**

Der Gefäßversuch Wachstumsbedingungen ist mit dem Saatgut G250 Einfache Kresse durchgeführt worden. Dieses Saatgut ist laut Angaben der Bingenheimer Saatgut AG als erregerefrei, basierend auf PCR-Test, eingestuft worden. Der Versuch Wachstumsbedingungen ist mit sechs Wiederholungen pro Prüfstufe in Mitscherlich-Gefäßen angelegt worden. Die Prüfstufen sind in Tab. 24 dargestellt. Der Boden für die Gefäße ist in Tab. 20 beschrieben mit Nährstoffen versorgt und für jedes Gefäß abgewogen worden.

**Tab. 24:** Prüfstufen im Gefäßversuch Wachstumsbedingungen

<b>Nr.</b>	<b>Wachstumsbedingungen</b>
1	Normal, Freilandbedingungen
2	Trocken (mit Rain-Shelter aus Plastik-Folie abgedeckt)
3	Feucht bis Schossbeginn (manuelles Besprühen mit Wasser, täglich)
4	Feucht ab Schossbeginn (manuelles Besprühen mit Wasser, täglich)
5	Boden kontaminiert (Boden aus der Praxis, Kresse-Anbau im Vorjahr)

Das Wachstum und die Entwicklung der Gartenkresse sind anhand der Messung der Pflanzenhöhen sowie der Erfassung des Entwicklungsstadiums evaluiert worden. Des Weiteren wurden das Auftreten und der Verlauf der Infektion mit Falschem Mehltau bonitiert.

## Prüfmerkmale

In beiden Versuchsjahren sind der Befall und der Infektionsverlauf mit Falschem Mehltau bonitiert worden. Des Weiteren sind die Entwicklungsstadien und Pflanzenhöhen der Gartenkresse erfasst worden. Als weitere Prüfmerkmale wurden detektiert: Korn-Ertrag pro Gefäß, Anzahl der Seitentriebe 1., Anzahl der Seitentriebe 2. Ordnung, Anzahl an Schoten, TKG und der TS-Gehalt.

### 3. 2. 2 Feldversuche

Die Parzellenversuche wurden auf einem Öko-Betrieb (Demeter) in Mittel-Hessen durchgeführt. Der Betrieb verfügt über langjährige Erfahrungen mit dem Anbau von Gartenkresse zur Samenvermehrung. Für die Parzellenversuche mit Garten-Kresse wurde ein Schlag ausgewählt, auf dem vorher noch kein Kresse-Anbau erfolgte.

## Bodenbedingungen

Der Boden des Standortes ist ein sandiger Lehm (Ausgangsgestein Schiefer) und mit 27 bis 35 Bodenpunkten bewertet. Die Nährstoffversorgung des Bodens wird als normal eingeschätzt (Tab. 25). Weitere Angaben zu den Standort- und Bodeneigenschaften dieses Betriebes sind im Abschnitt 3.1.1.2 aufgeführt.

**Tab. 25:** Ergebnisse der Nährstoffuntersuchungen der Böden auf den Versuchsflächen 2012 und 2013

Nährstoff	Versuchsfläche 2012	Versuchsfläche 2013
CaCO <sub>3</sub>	0,0*	0,0
pH	6,6*	6,2**
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	9*	10**
K <sub>2</sub> O	18*	22**
Mg	13*	5**
N	0,173%***	-
C	1,298%***	-

\* Angaben laut Betrieb, Analyse 2012, \*\* Angaben laut Betrieb, Analyse 2009,

\*\*\* Analysen Institut für Pflanzenbau & Pflanzenzüchtung

## Witterungsbedingungen

Die Witterungsbedingungen (Lufttemperatur, Niederschläge) über den jeweiligen Versuchszeitraum (2012 und 2013) sind in der Anlage (Abb. A 11 bis A 14)

dargestellt. Die meteorologischen Daten stammen aus der Versuchsstation Weilburger Grenze. Die Distanz zwischen der Versuchsstation und dem Standort der Feldversuche beträgt ca. 14,1 km.

### Versuchsanlage und -durchführung

Der Parzellenversuch ist als randomisierte Blockanlage etabliert worden. Als nicht randomisiertes Zusatzprüfglied ist eine Breitsaat erfolgt. Die Parzellengröße betrug 1,5 x 4,0 m (6 m<sup>2</sup>). Die Reihenweite wurde mit 37,5cm festgelegt (4 Reihen pro Parzelle). Der Versuch ist mit je 4 Wiederholungen pro Prüfglied angelegt worden. Die Prüfstufen der Prüffaktoren Saatgutbehandlung (A) und Pflanzendichte (B) sind in Tab. 26 dargestellt.

**Tab. 26:** Übersicht über die Prüffaktoren im Feldversuch Saatgutbehandlung

Nr.	Saatgutbehandlung (Prüffaktor A)	Pflanzendichte (Prüffaktor B)
1	Ohne (Kontrolle)	100 keimfähige Körner/m <sup>2</sup>
2	WD 65°C, 90 Sekunden	200 keimfähige Körner/m <sup>2</sup>
3	WD 68°C, 60 Sekunden	300 keimfähige Körner/m <sup>2</sup>
4	EB 1 (11,3 kW/m)	400 keimfähige Körner/m <sup>2</sup>
5	EB 2 (17,9 kW/m)	

Die Versuche sind auf Schlägen durchgeführt worden, die noch nie Gartenkresse als Bestand hatten. Eine Übersicht über die jeweiligen Vorfrüchte auf den Versuchsflächen wird in Tab. 27 dargestellt.

**Tab.: 27:** Vorfrüchte auf den Versuchsflächen der Feldversuche, Betrieb Hessen Mitte

Jahr	Vorfrüchte Schlag 2012	Vorfrüchte Schlag 2013
2012	-	Roggen
2011	Dinkel	Kamille
2010	Kleegrass	Dinkel
2009	Kleegrass	Kleegrass
2008	Feldsalat-Saatgut	Gänseblümchen
2007	Roggen	Gänseblümchen & Phacelia
2006	Kamille	Kamille
2005	Dinkel	Radies

Das in den Versuchen verwendete Saatgut stammt aus dem ökologischen Anbau (Ernte 2011) und wurde von der Bingenheimer Saatgut AG zur Verfügung gestellt. Die Wasserdampfbehandlung ist von der Firma Sativa Rheinau AG (CH-8462 Rheinau) durchgeführt worden. Die Elektronenbehandlung erfolgte durch die EVONTA-Service GmbH (D-01454 Radeberg). Die im Jahr 2012 genutzte Partie G250 Einfache Kresse (50840/12) war durch eine Keimfähigkeit von 94% und ein TKG von 2,83 g gekennzeichnet. Im Jahr 2013 ist die Partie G251 Großblättrige Kresse (50945/12) mit einer Keimfähigkeit von 98% und einem TKG von 2,51g verwendet worden.

Die Aussaat erfolgte immer auf einem Schlag, auf dem in der Fruchtfolge noch keine Gartenkresse kultiviert wurde. Im Jahr 2012 erfolgten die Aussaat am 17.4. und die Ernte am 13.08. mittels einer Parzellenerntemaschine. Pflegemaßnahmen erfolgten am 09.05. und am 31.05. per Hacke. Die Probenentnahme für Einzelpflanzen-Analysen erfolgte am 19.07. 2012. Im Jahr 2013 ist die Aussaat am 17.04. und die Ernte am 20.08. durchgeführt worden. Die Pflegemaßnahmen in Form der Hacke erfolgten am 06.05. und 03.06. Zur Erfassung der Infektion mit dem Falschen Mehltau ist der Versuch in regelmäßigen Abständen bonitiert worden.

### **Prüfmerkmale**

In beiden Versuchsjahren sind die Infektion und der Infektionsverlauf des Falschen Mehltaus, die Entwicklungsstadien und die Pflanzenhöhen über den Entwicklungsverlauf erfasst worden. Die Infektion mit Falschen Mehltaus ist basierend auf der in Tab. 22 dargestellten Skala bewertet worden. Die Entwicklungsstadien sind anhand der BBCH-Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien von Raps bestimmt worden. Zudem wurde die Pflanzendichte (Kresse-Pflanzen/m<sup>2</sup>) ermittelt. Vor der Ernte sind Pflanzenproben für Einzelpflanzenanalysen entnommen worden. Diese dienen der Ermittlung der Anzahl an Seitentrieben 1. und 2. Ordnung, der Anzahl an Schoten sowie der Messung der Pflanzenhöhen zum Erntezeitpunkt. Des Weiteren sind der Korn-Ertrag pro Parzelle sowie die TS und das TKG erfasst worden.

### **3. 2. 3 Evaluierung von Genbank-Akzessionen**

Im Jahr 2012 sind 93 Akzessionen der Gartenkresse (*Lepidium sativum* L.) von der Genbank des IPK Gatersleben bezogen und in der Gefäßversuchsstation Rauschholzhausen vermehrt worden. Mit dem aus dieser Vermehrung stammenden Saatgut sind Proben für die Verwandtschaftsanalyse angezogen worden. Diese sind am 18.09.2013 ausgesät und am 29.10.2013 im 8-Blattstadium geerntet worden. Angezogen wurde das Blattmaterial in Plastikgefäßen (1L) mit je 450g Erde. Die

Temperatur in der Klimazelle betrug 15°C am Tag und 10°C in der Nacht. Die Proben wurden in Flüssigstickstoff (LN<sub>2</sub>) überführt, transportiert und bei -20 °C zwischengelagert.

### **3. 2. 4 Versuche mit Pflanzen-Extrakten und Stärkungsmitteln**

Im Labor der Professur für Pflanzenbau wurden verschiedene Pflanzenmaterialien aufbereitet und extrahiert. Dazu wurde die Methode der Soxhlet-Extraktion angewendet, um aus den Pflanzen Ethanol-Extrakte herzustellen. Die Soxhlet-Extraktion wird nicht nur zur Gewinnung von fetten Ölen, sondern auch zur Gewinnung von Extrakten aus Arznei- und Gewürzpflanzen verwendet (Smelcerovic et al. 2006). Das dabei eingesetzte Lösungsmittel Ethanol wurde nach Abschluss der Extraktion (2 Stunden) durch Verdampfen mit Hilfe eines Rotationsverdampfers vom Pflanzen-Extrakt getrennt. In der Arbeitsgruppe wird dieses Verfahren bei der Extraktion von Süßholz (Kraut) und anderen Pflanzen angewendet. Im Rahmen des Projektes wurden folgende Extrakte hergestellt: (1) Süßholz (*Glycyrrhiza glabra*, Kraut), (2) Anis (*Pimpinella anisum*, Frucht-Droge), (3) Oregano (*Origanum vulgare* ssp. *vulgare*, Kraut), (4) Hopfen (*Humulus lupulus*, Dolden), (5) Zitronenmelisse (*Melissa officinalis*, Blatt). Die Extrakte wurden bis zur Verwendung in verschlossenen Gefäßen bei 5 °C aufbewahrt. Die Rohstoffe stammen entweder aus eigener Erzeugung (Versuche mit Anis, Melisse, Origanum) oder sie wurden von entsprechenden Institutionen (Süßholz: Agrimed Hessen, Hopfen: LfL Freising) bezogen.

In separaten Laboranalysen wurden die Inhaltsstoffe einiger der vorgenannten Pflanzen (Anis, Origanum, Melisse) untersucht und die Leitverbindungen detektiert: Anis: ätherisches Öl (trans-Anethol), Origanum (ätherisches Öl: Carvacrol und Thymol sowie Rosmarinsäure), Melisse (ätherisches Öl: Citral, Citronella, Limonen sowie als Hauptphenolsäure: Rosmarinsäure).

Mit den Pflanzen-Extrakten wurden Gefäßversuche (3 L Plastik-Gefäße, Phytotron Rauschholzhausen) mit infiziertem und nicht-infiziertem Boden durchgeführt und die Kresse-Pflanzen appliziert. Dazu wurden die Extrakte in einer 0,5 %-igen Lösung in Abständen von 10 Tagen (insgesamt dreimal) auf die Pflanzen gesprüht (Handpumpenspritze). Als Kontrollen dienten eine unbehandelte und eine mit Wasser behandelte Variante.

Neben den Gefäßversuchen wurden Labortests (Agar-Medium in Petri-Schalen) mit Kresse-Saatgut durchgeführt, bei denen die Applikation von Knoblauch-Extrakten (Veg-Lys) geprüft wurde. Der Allium-Extrakt Veg-Lys wird von der Firma Phyto Auxilium ([www.phytoauxilium.com](http://www.phytoauxilium.com)) angeboten. Wissenschaftler der JLU Gießen und aus dem Iran konnten bereits bei Gerste, Artischocke und Bittergurke eine

Dekontamination der Samen durch die Behandlung mit diesem Extrakt nachweisen (Samandi et al. 2015, Bathaeian et al. 2014). Nach der gleichen Methode wie von den vorgenannten Autoren angewandt, wurde eine Behandlung der Kresse-Samen im Labor des Institutes für Phytopathologie (Dr. Imani) durchgeführt.

### **3. 2. 5 DNA-Extraktion und AFLP-Analyse**

Im Jahr 2012 sind 93 Akzessionen der Gartenkresse (*Lepidium sativum* L.) von der Genbank des IPK Gatersleben bezogen und in der Gefäßversuchsstation Rauschholzhausen vermehrt worden. Mit dem aus dieser Vermehrung stammenden Saatgut sind Pflanzen für die Verwandtschaftsanalyse angezogen worden. Die Samen wurden am 18.09.2013 ausgesät und am 29.10.2013 im 8-Blattstadium geerntet worden. Angezogen wurden die Pflanzen in Plastikgefäßen (1L) mit je 450g Erde. Die Temperatur in der Klimazelle war 15°C am Tag und 10°C in der Nacht. Die 93 Akzessionen wiesen keine Symptome des Befalls mit Falschem Mehltau auf. Die Blattproben wurden vor Ort in Flüssigstickstoff (LN<sub>2</sub>) überführt und ins Labor transportiert.

Aus den Blättern der Kresse-Pflanzen wurde im Labor der Professur für Pflanzenzüchtung die genomische DNA mit Hilfe des Biosprint 96 extrahiert und anschließend die DNA-Konzentration photometrisch bestimmt. Der molekulare Datensatz wurde über eine nicht-radioaktive AFLP-Analyse nach einem bei Raps angewendeten Protokoll erstellt. Es wurden insgesamt 18 Primer-Kombinationen bei einer Wellenlänge von 700 bzw. 800 nm auf ihre Eignung für Gartenkresse (Polymorphismen) getestet. Im Ergebnis dessen wurden sechs Primer-Kombinationen ausgewählt. Zur Datenanalyse wurde ein Verfahren der Distanzmatrix-Methoden ("average-linkage"-Verfahren) angewendet. Mit Hilfe einer Hauptkomponenten-Analyse wurden die Daten gruppiert, um sie so sichtbar zu machen und auswerten zu können.

### **3. 2. 6 Statistische Auswertungen**

Die erhobenen Daten wurden mit Standardverfahren der Statistik ausgewertet. Dazu wurden alle Ergebnisse auf Varianz-Homogenität und auf Normalverteilung geprüft. Anschließend erfolgte eine einfaktorielle bzw. eine zweifaktorielle Varianzanalyse, mit deren Hilfe das Vorliegen von Haupt- bzw. Wechselwirkungen der jeweiligen Prüffaktoren überprüft wurde. Die Mittelwertvergleiche wurden auf der Basis einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % ( $p < 0,05$ ) und mit einer Grenzdifferenz (5 %) vorgenommen. Die statistischen Berechnungen wurden mit PIAF und mit SPSS durchgeführt.

### 3. 3 Teilprojekt IGZ 2810OE116

#### 3. 3. 1 Entwicklung von PCR-gestützten Nachweisverfahren

Für den molekularbiologischen Nachweis von *Perofascia lepidii* in Pflanzen- und Umweltproben wurden artspezifische PCR-Systeme entwickelt. Diese Systeme wurden für den Nachweis in Saat- und Pflanzproben eingesetzt.

##### Entwicklung von Endpunkt-PCR-basierten Testsystemen

Für die an Kresse relevanten Erreger *Perofascia lepidii* und *Hyaloperonospora parasitica* sowie *Albugo lepidii* wurden von der Firma IDENTXX GmbH PCR-gestützte Nachweisverfahren zur Identifizierung der Erreger an Pflanzenmaterial bzw. am Saatgut entwickelt. Im Wesentlichen gliedert sich diese Technik in folgende Abschnitte:

- Gewinnung von DNA Lösungen sowohl von Zielorganismen als auch von Nicht-Zielorganismen,
- Generierung von sogenannten Fingerprint-Mustern mithilfe von Microsatelliten-Primer,
- Vergleich der entstandenen Muster und Auswahl von Kandidatenbanden,
- Sequenzanalyse der Kandidatenbanden,
- Generierung von geeigneten PCR Primer-Paaren,
- Durchführung von Kreuzreaktion- und Spezifitätstests und
- Festlegung der geeigneten Primer-Paare sowie deren Reaktionsbedingungen für den spezifischen Nachweis der Zielorganismen

##### *Herstellung der DNA-Lösungen*

Zur Herstellung von DNA-Lösungen erfolgten zunächst DNA-Extraktionen von Zoosporangien verschiedener Oomyceten und Myzel bzw. Sporen von Pilzen sowohl von Zielorganismen als auch von Nicht-Zielorganismen. Parallel dazu erfolgte eine DNA-Extraktion von Blättern der Wirtspflanze.

Die so gewonnenen DNA-Extrakte wurden auf Reinheit und Qualität geprüft. Daran anschließend erfolgte eine PCR-basierte Amplifikationskontrolle mit ITS-Primern zur Überprüfung der Prozessierfähigkeit des Erbgutes (Robideau *et al.*, 2011; Methoden Endpunkt-PCR).

##### *Fingerprint-PCR*

Die gewonnenen DNA-Lösungen wurden nachfolgend dem fingerprint-basierten Verfahren unterzogen (vgl. Methoden Endpunkt-PCR). Für den Abgleich der erhaltenen Muster wurden DNA-Lösungen der Wirtspflanze (*Lepidium sativum*), DNA-Lösungen anderer Oomyceten (z.B. *Plasmopara halstedii*, *Pythium* spp.),

*Albugo* spp., *Peronospora belbahrii*, etc.) und Nicht-Oomyceten (div. *Fusarium* Arten, *Alternaria* Arten) eingesetzt. Aus den erhaltenen Fingerprint-Mustern konnten je Zielorganismus Kandidatenfragmente zum Primerdesign erfolgreich identifiziert werden (Tabelle 28).

#### Entwicklung des spezifischen qPCR-Nachweises für *P. lepidii*

Als Detektionsplattform für die qPCR wurde das TaqMan-Sonden-Prinzip gewählt. Hierbei handelt es sich um einen PCR-Ansatz, welcher neben dem Primer-Paar für die Amplifikation noch eine sogenannte Hydrolysesonde enthält, die in einem Bereich zwischen den beiden Amplifikationsprimern hybridisieren kann. Bei der Sonde selbst handelt es sich um ein Oligonukleotid, welches an einem Ende ein Fluorophor und am anderen Ende einen sogenannten Quencher besitzt. Bei einer erfolgreichen Hybridisierung des Primerpaares und der Sonde wird während der Elongationsphase die Sonde durch die Taq-Polymerase abgebaut. In Folge dessen trennen sich der Fluorophor und der Quencher räumlich voneinander. Wird der Reaktionsansatz nun mit der für das Fluorophor spezifischen Wellenlänge bestrahlt, entsteht ein Lichtsignal, das nun nicht mehr vom räumlich getrennten Quencher abgefangen wird und daher detektiert werden kann. Je mehr Sonden hydrolysiert werden, desto stärker wird das Signal. Die Signalstärke ist daher ein Maß für die Anzahl der vervielfältigten PCR-Produkte. Detaillierte Informationen zur qPCR- und dem TaqMan-Sonden-Prinzip der einschlägigen Fachliteratur entnommen werden (Mülhardt 2013).

#### Validierung des Stichprobenumfangs für den Saatgut-PCR-Test

Für die Validierung des Stichprobenumfangs wurde die Saatgutpartie „Herkunft Bienert“ verwendet. Diese Partie wurde im Standard-Testverfahren mit drei Teilproben je 1000 Korn negativ geprobt. Das bedeutet, dass in allen drei unabhängig voneinander untersuchten Teilproben kein Nachweis der Erreger-DNA (*P. lepidii*) gefunden werden konnte. Im Feld-Grow-out-Test zeigte sich jedoch eine deutliche Sporulation bei einer Pflanze. Nachfolgend wurde die Saatgutpartie eingehend untersucht. Dazu wurden so lange Teilproben mit je 1000 Körnern entnommen und unabhängig voneinander untersucht, bis ein positiver Nachweis möglich war. Insgesamt wurden 18 Teilproben je 1000 Körnern untersucht, wobei eine Teilprobe positiv war. Zur Überprüfung dieses Ergebnisses wurde eine weitere Saatgutcharge von 200 g der Firma IDENTXX GmbH zugesandt. Auch bei dieser Untersuchung zeigte sich, dass der Erreger in einer der 18 Teilproben gefunden werden konnte.

**Tab. 28:** Primer zum Nachweis von *Perofascia lepidii*, *Albugo lepidii* und *Hyaloperonospora parasitica*

Zielorganismus	Sequenz (5' to 3')	Bezeichnung IDENTXX
<i>Perofascia lepidii</i>	ACAGCCATTAGCCGATGGTTTGAA	P.f-1
<i>Perofascia lepidii</i>	TCCTGACACTAACTCAGCTTCCGC	P.f-2
<i>Perofascia lepidii</i>	GCATCTATTCAACGAAGACGAGGACC	P.f-3
<i>Albugo lepidii</i>	GCGCGTGGGGTAAAATGACGG	AL-F
<i>Albugo lepidii</i>	GGAACGTCACTCTGCAGACCCG	AL-R
<i>Hyaloperonospora</i>	CCCTGGCCCCCAAGCTCTTGA	Hylo-F
<i>Hyaloperonospora</i>	AGCGGCGGCAGTGAATGACAT	Hylo-R
<i>Perofascia lepidii</i>	CCGTTTGGTATTGTTTTCCACTT	P. lepidii Q-PCR for
<i>Perofascia lepidii</i>	AACGTAAAATATTAGCATCTATTCAA	P. lepidii Q-PCR rev
<i>Perofascia lepidii</i>	FAM-AGCCGAAACTAATCGACATCCTT- BHQ1	P. lepidii Q-PCR Sonde 1

## Methoden

### **Endpunkt-PCR**

Sämtliche Endpunkt-PCR-Reaktionen wurden nach dem folgenden Schema zusammengesetzt. Hierbei kam das PCR-Kit Mango-Taq der Firma Bioline zum Einsatz.

Wasser	4,22
5x Puffer	2,00
dNTPs (25mM)	0,08
MgCl (50 mM)	0,40
Taq (5 u/µl)	0,05
Primer 1(pM)	1,00
Primer 2 (10 pM)	1,00
DNA (50 ng)	1,25
Gesamtvolumen in µl	10,00

Eine Ausnahme bilden die Microsatelliten-PCR-Ansätze, diese wurden nur mit einem Primer durchgeführt. Die Wassermenge wurde entsprechen angepasst. Das Temperaturprotokoll für die Amplifikation der PCR-Produkte entspricht dem nachfolgend dargestellten generellen Schema.

1 cycles			
94°C	5	min	
35 cycles			
94°C	30	sec	

45 - 65°C	30	sec	Temperatur variabel
72°C	30 - 90	sec	Zeit variabel
1 cycles			
72°C	3	min	

Für den Nachweis der Erreger wurde das folgende Temperaturprotokoll verwendet.

1 cycles		
94°C	5	min
35 cycles		
94°C	30	sec
65°C	30	sec
72°C	30	sec
1 cycles		
72°C	3	min

Als Thermo Cycler wurde das Gerät peqSTAR 96X Universal Gradient der Firma PEQLAB GmbH eingesetzt.

### qPCR

Sämtliche qPCR-Reaktionen wurden nach dem folgenden Schema zusammengesetzt. Hierbei kam das PCR-Kit SensiFAST der Firma Bioline zum Einsatz.

Wasser	9,30 µl
Enzyme Mix	1,50 µl
SensiMix	4,00 µl
Sonde (10µM /µl)	0,40 µl
Primer 1 (10 µmol/µl)	0,40 µl
Primer 2 (10 µmol/µl)	0,40 µl
DNA	4,00 µl
Gesamtvolumen	20,00 µl

Als Thermo Cycler wurde das Gerät peqSTAR q96 der Firma PEQLAB GmbH eingesetzt. Das Temperaturprotokoll für die Durchführung der qPCR entspricht dem nachfolgend dargestellten generellen Schema.

1 cycles		
94°C	10	min
35 cycles		
94°C	5	sec

60°C	5	sec
72°C	5	sec

Die DNA-Extraktion des zu untersuchenden Saatguts wurde nach dem folgenden generellen Schema durchgeführt:

- Einwaage der Probenmenge in ein geeignetes Reaktionsgefäß (50 ml Falcon).
- Zugabe von Homogenisierungshilfen (gereinigter grober Aquariumkies).
- Homogenisierung der Probe mit Hilfe einer Schüttelmühle (FastPrep 24; MP-BIOMEDICALS).
- Die eigentliche DNA-Extraktion wurde nach dem gleichen Verfahren wie unter dem vorhergehenden Punkt beschrieben durchgeführt. Die Vorgehensweise wurde lediglich in den folgenden Punkten modifiziert.
- Nach der Zugabe des im Kit enthaltenen Lysepuffers zu dem Homogenat wurde einmal bei 4000 g zentrifugiert. Für den weiteren Prozess wurde der so entstandene Überstand verwendet.
- Aufgrund des größeren Ausgangsvolumens wurde die Extraktion im 24-well Maßstab durchgeführt, was ein Primärlysatvolumen von bis zu 4,5 ml zulässt.

### 3. 3. 2 Untersuchungen zur Biologie von *Perofascia lepidii*

Unter kontrollierten Bedingungen wurde der Einfluss von Inokulumart, Inokulumdichte, Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf die Keimung, Sporulation, Latenz und Infektion von *P. lepidii* an Gartenkresse untersucht.

#### Kultivierung von Gartenkresse und Vermehrung von *P. lepidii* und Herstellung des Inokulums

Zur Produktion des Inokulums bzw. in den durchzuführenden Versuchen wurden die Kressepflanzen der Sorte ‚Cressida‘ in folgender Weise kultiviert: Je acht Körner wurden in Töpfen (Ø 11 cm) - gefüllt mit Fruhstorfer Erde Typ P - ausgesät und anschließend auf vier Pflanzen pro Topf vereinzelt. Das Saatgut stammte aus einer Charge, in der mittels PCR die DNA von *P. lepidii* nicht nachgewiesen wurde. Die Kultivierung von Gartenkresse erfolgte in allen Versuchen sowohl im Gewächshaus als auch in den Klimaschränken und –kammern bei einer Tag-/Nachttemperatur von 20/15 °C und einer relativen Luftfeuchtigkeit (rLF) von 60 bis 70 %. Von Oktober bis April erfolgte eine Zusatzbelichtung von insgesamt 4 h (Lampentyp: SON-T 400 W, Philips). Die Inokulation der Pflanzen mit Sporen des Erregers erfolgte mittels eines Sprühers. Zur Begünstigung der Infektion wurden die Pflanzen für 20 Stunden bei 20 °C, 95-100 % rLF bei Dunkelheit inkubiert.

In allen Versuchen wurde das Isolat SE 1-11 verwendet, welches 2011 von einer erkrankten Kressepflanze der Sorte ‚Cressida‘ isoliert wurde. Das Isolat erwies sich an der einfachen Sorte ‚Cressida‘ und an der Großblättrigen Kresse als virulent. Als obligater Parasit wurde das Inokulum von *P. lepidii* regelmäßig auf ‚Cressida‘ unter Gewächshausbedingungen angezogen. Das Inokulum wurde entweder aus Sporen, die direkt von Blättern isoliert wurden oder aus gefrorenen Sporen (die zusammen mit dem Blatt und Stiel bei -20 °C eingefroren waren) in Leitungswasser hergestellt. Die Konzentration des Inokulums wurde je nach Versuchsfrage mittels einer Thomakammer unter dem Mikroskop eingestellt.

Bonitiert wurden die Befallshäufigkeit (BH) und die Befallsstärke (BS). Die Ermittlung der BS erfolgte in Boniturstufen, die einer prozentual zur Pflanze berechneten, Befallsfläche (mit Sporangienrasen überzogene Pflanzenfläche inklusive Verkrümmungen und Verkrüppelungen) entsprachen (Tab. 29). Die Bonitur entsprach dem Schema nach Ökoplant e.V.: Befallsklassen (BK) von 1 (0%) bis 9 (67,5 – 100%). Aufgrund der Einstufung in BK erfolgt die Darstellung der BS in den Abbildungen als Whisker-Box, wobei eine Box die 25-75% Quartile inklusive des Median-Wertes und die ‚Whiskers‘ die aufgetretenen Min- und Max-Werte darstellen. Die statistische Auswertung der nichtparametrisch erfassten Daten zur BS erfolgte mittels Kruskal-Wallis-Test ( $p < 0,05$ ).

**Tab. 29:** Boniturschema des Falschen Mehltaus an Gartenkresse

Boniturstufe	Befallsfläche	Befall
1	0 %	kein
3	1-5 %	wenig
5	6-15 %	mittel
7	16-35 %	stark
9	> 36 %	sehr stark

#### Einfluss der Temperatur auf die Keimfähigkeit von *P. lepidii* Sporen *in vitro*

Die Keimung der Sporen von *P. lepidii* wurde in Abhängigkeit von der Temperatur und Inkubationszeit *in vitro* geprüft. Sporenlösungen von frisch geernteten und gefrorenen Sporen ( $10^4$  Sporen  $ml^{-1}$ ) wurden auf Wasseragar (1,5 %) ausgebracht und bei 5, 10, 15, 20, 25 und 30 °C im Dunkeln inkubiert. Nach 4, 8, 12, 24 und 48 h wurde mikroskopisch die Keimrate ermittelt.

#### Einfluss der Inokulumdichte, Inokulumart (frische und gefrorene Sporen) und des Pflanzenalters auf das Krankheitsauftreten

Kressepflanzen im 2-, 4- und 6- Blattstadium wurden mit den jeweiligen Sporenlösungen ( $3 \times 10^3$ ,  $3 \times 10^4$  und  $3 \times 10^5$  Sporen  $\text{ml}^{-1}$ ) aus frisch gewonnenen oder gefrorenen Sporen inokuliert. Die Bonitur der Befallshäufigkeit (BH) und der Befallsstärke (BS) erfolgte 6, 8, 13 und 15 Tage nach der Inokulation des Erregers (dpi). Die Versuche wurden unter kontrollierten Bedingungen in einer Klimakammer (Temp: 20/15 °C; Licht: 16/8 h (Tag/Nacht), rLF, ca. 70 %) durchgeführt.

#### Einfluss der Temperatur auf die Krankheitsentwicklung von *Perofascia lepidii*

Blätter von Gartenkresse wurden im 4-Blattstadium mit einer Sporensuspension von  $3 \times 10^5$  Sporen  $\text{ml}^{-1}$  inokuliert. Nach der Inokulation wurden die Pflanzen 20 h bei hoher rLF (ca. 95%) und Temperaturen von 10, 15, 20 und 25 °C in Dunkelheit inkubiert und anschließend bei einem Tag/Nacht-Rhythmus von 16 h/8 h und Temperaturen von jeweils 13/8 °C, 15/10 °C, 20/15 °C und 25/20 °C kultiviert. Nach 8, 14 und 21 Tagen wurden sowohl die BH als auch die BS bonitiert.

#### Einfluss der Blattnässedauer auf die Krankheitsentwicklung von *Perofascia lepidii*

Die Blattnässe sowie die Blattnässedauer (BD) sind für die Infektion der Pflanzen mit dem Erreger des Falschen Mehltaus von essentieller Bedeutung. Unter Versuchsbedingungen wurde eine entsprechende Blattnässe durch Einstellung einer gesättigten Luftfeuchte nach der Erregerinokulation erzielt.

Um den Einfluss der BD ermitteln zu können, wurden Kressepflanzen im 4-Blattstadium mit einer Sporensuspension ( $3 \times 10^5$  Sporen  $\text{ml}^{-1}$ ) von *P. lepidii* inokuliert. Nach der Inokulation wurden die Pflanzen bei 20 °C und Dunkelheit in einem ersten Versuch 6, 8, 10, 12, 20 und 24 Stunden bei einer hohen rLF (ca. 100%) inkubiert. Um eine rLF von ca. 100% zu gewährleisten, wurden die inokulierten Pflanzen mit Plastikhauben, die zuvor mit Wasser tropfnass besprüht waren, bedeckt. Anschließend wurden die Pflanzen bei 20/15 °C (16/8 h Tag-/Nacht-Rhythmus,  $400 \mu\text{Mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) und einer rLF von ca. 75% weiter kultiviert. Die Bonitur der BS und BH erfolgte bereits 1 Tag nach der Inokulation und nachfolgend täglich bis 14 dpi. Basierend auf den Ergebnissen aus diesem Versuch wurde ein zweiter Versuch mit niedrigeren Blattnässeperioden von 1, 2, 3, 4, 5, 6 h und keiner Inkubationszeit (0 h) durchgeführt.

### **3. 3. 3 Entwicklung einer Resistenzprüfmethode**

Auf der Basis der Biologie des Erregers *P. lepidii* an der Gartenkresse wurde eine Resistenz-Prüfmethode etabliert, mittels derer Sorten auf ihre Empfindlichkeit gegenüber dem FM untersucht werden können.

Hierzu werden Pflanzen im 4-Blattstadium mit Sporen von *P. lepidii* ( $3 \times 10^5$  Sporen  $\text{ml}^{-1}$ ) inokuliert und bei 20 °C und einer rLF von nahezu 100% für 20 h im Dunkeln inkubiert. Anschließend werden die Pflanzen bei 20/15 °C (16/8 h Tag-/Nacht-Rhythmus), einer rLF von 60-70% und einer Lichtintensität von  $400 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  kultiviert. Die Bonitur der BS der Pflanzen mit FM erfolgt 14 dpi. Um eine sichere Krankheitserfassung zu ermöglichen, wird die Sporulation durch Inkubation der Pflanzen für 18 h unter Plastikhauben bei einer rLF von ca. 100% induziert. Pflanzen, die keine Symptome aufweisen, werden nochmals mit dem Erreger inokuliert und nach 14 Tagen nochmals bonitiert.

### **3. 3. 4 Untersuchung der Resistenz von Kresse-Genotypen gegen *P. lepidii***

Insgesamt wurden 93 Kresse-Akzessionen (Genbank IPK Gatersleben) auf ihre Empfindlichkeit gegenüber dem FM geprüft. Darunter befanden sich unterschiedliche *Lepidium*-Varietäten wie *Lepidium sativum* var. *sativum*, *Lepidium sativum* var. *latifolium*, *Lepidium sativum* var. *crispum* aus verschiedenen Ursprungsländern. Die Resistenzprüfung erfolgte unter Einbeziehung von 20 Pflanzen des jeweiligen Genotyps unter den oben beschriebenen Bedingungen. Als Referenzgenotyp diente die Sorte *Lepidium sativum* var. *sativum* ‚Cressida‘, die in alle Prüfungen zum Vergleich einbezogen wurde. Die Bonitur der BH der Kresse-Genotypen mit dem Falschen Mehltau erfolgte 21 dpi. Um eine sichere Krankheitserfassung zu ermöglichen, wurde die Sporulation durch Inkubation der Pflanzen für 18 h unter Plastikhauben bei einer rLF von ca. 100% induziert.

### **3. 3. 5 Untersuchungen zur Wirtsspezifität von *Perofascia lepidii***

Es wurde geprüft, ob Nutz- und Wild- Arten aus der Familie der Brassicaceae Wirtspflanze des FM-Erreger *P. lepidii* und damit eine Inokulumquelle für Primär- als auch Sekundärinfektionen sein können. Arten aus der Familie der Brassicaceae (Tab. 4) wurden im 4-Blattstadium mit Sporen des Stammissolates (Isolat Se1-11) nach der oben beschriebenen Methode zur Resistenzprüfung (siehe 3.3.3) inokuliert und entsprechend kultiviert. Der Befall mit dem Erreger wurde 21 dpi bonitiert.

### **3. 3. 6 Aufbau einer Stammsammlung von Isolaten und Pathogenitätsprüfung**

Die Resistenz von Genotypen der Gartenkresse gegenüber dem FM ist unter Einbeziehung von verschiedenen Isolaten des Erregers zu prüfen, um sicher zu stellen, dass die Resistenz gegenüber genetisch verschiedenen Isolaten des Pathogens besteht. Die Saatgutübertragbarkeit des Erregers und die Vermehrung von Gartenkresse in unterschiedlichen Regionen erhöht das Risiko des Eintrags genetisch diverser Isolate, die sich in ihrer Virulenz unterscheiden können. Der

Aufbau einer Stammsammlung mit *Perofascia*-Isolaten aus den Vermehrungsgebieten und die Prüfung ihrer Virulenz sind daher notwendig.

Als biotropher obligater Erreger ist die Haltung des Erregers nur auf der Pflanze möglich. Nach der Isolierung von frischen Sporen *P. lepidii* sind zu dessen Vermehrung möglichst zeitnah Pflanzen zu inokulieren und unter krankheitsbegünstigenden Bedingungen zu kultivieren (siehe 3.3.2). Die Isolierung von Isolaten von zugeschickten Pflanzenproben erwies sich als wenig erfolgreich. Die isolierten Sporen waren großteils nicht vital bzw. infektiös. Daher wurde in 2013 versucht, aus symptomatischen kranken Pflanzen (Sporulation mit FM), die in infizierten Bodenproben kultiviert wurden (unter kontrollierten Bedingungen, siehe 3.9) Isolate zu isolieren. Es konnten lediglich 4 Isolate mittels Grow-out-Test gewonnen werden.

Um die Pathogenität bzw. Aggressivität der Isolate vergleichend an der Gartenkresse bewerten zu können, ist die Einbeziehung der Isolate in einem Versuch erforderlich. Bei der Herstellung des Inokulums zeigte sich, dass die Isolate schwierig zu vermehren sind. Aus diesem Grund konnte der Test nur einmal durchgeführt werden.

### **3. 3. 7 Nachweis der Übertragung von *Perofascia lepidii* auf das Saatgut**

Es wird vermutet, dass mit dem Erreger kontaminiertes Saatgut für den Primärbefall des FM im kommerziellen Anbau verantwortlich ist. Es stellt sich daher die Frage, ob mit FM erkrankte Kressepflanzen zu einer Kontamination des Saatgutes führen. Daher wurden Kressepflanzen während der Vegetation 2012 (Mai bis September) unter Feldbedingungen auf der Versuchsstation des IGZ kultiviert und vor der Blütenbildung (BBCH 51) mit dem Erreger *P. lepidii* Se 1-11 ( $3 \times 10^5$  Sporen ml<sup>-1</sup>) inokuliert. Zusätzlich wurden zuvor künstlich inokulierte Kressepflanzen (siehe 3.3.2) mit FM Symptomen in die Parzellen eingepflanzt, um Sekundärinfektionen sicher zu stellen. Während der Vegetation der Kresse war nachfolgend ein zunehmender Befallsverlauf im Bestand zu beobachten. Zu Vegetationsende wurde von allen Pflanzen das Saatgut geerntet (Eis/KPA1 und 2).

Parallel zu den Freilandversuchen wurden Kressepflanzen ‚Cressida‘ und die breitblättrige Sorte ‚BK‘ unter Gewächshausbedingungen kultiviert und im 4-Blattstadium mit *P. lepidii* inokuliert (siehe 3.3.2). Diese Pflanzen wurden bis zur Samenproduktion in Gewächshauskabinen kultiviert und das Saatgut geerntet (BK 1-3).

Die Überprüfung der Kontamination des Saatgutes mit dem Erreger *P. lepidii* mittels Grow-out-Tests (unter kontrollierten Bedingungen, siehe 3.3.8) erfolgte von 2012 bis

2014 sowohl für Proben aus dem selbst produziertem Saatgut als auch für Proben aus Saatgutpartien aus der kommerziellen Produktion. Nach der Vegetationsphase 2012 stellte Ökoplant Saatgutpartien, die von erkrankten Pflanzen aus 24 Boniturstellen (BP = Messpunkte) geerntet wurden, bereit. Entsprechend wurden 2013 Saatgutpartien aus 22 BP von verschiedenen Feldern auf Kontamination mit dem Erreger des FM untersucht. Zusätzlich wurden Saatgutchargen von Bingenheimer Saatgut AG, ‚Breitblättrige Kresse BK‘ und ‚U922‘ und vom Biohof Marold (Saatgutcharge ‚ILL 10‘) in die Untersuchungen einbezogen. Da mittels Grow-out-Tests in der Klimakammer kein Auftreten des FM beobachtet wurde, wurde die Kontamination dieser Saatgutproben mit dem Erreger *P. lepidii* unter Feldbedingungen untersucht. Die entsprechenden Saatgutproben wurden Mitte August 2013 in einer Kastenparzellenanlage mit Auenlehm und Lößlehm (je vier Parzellen à 2x2 m) im Freiland ausgesät und nachfolgend 3mal wöchentlich das Krankheitsauftreten bonitiert. Dieser Versuch wurde im darauffolgenden Jahr 2014 wiederholt.

Im Rahmen des Projektes wurden immer wieder Saatgutpartien nach molekularbiologischer Untersuchung als erregerefrei ausgewiesen, bei denen jedoch nach Aussaat unter Freilandbedingungen in der Folge eine Epidemie des FM zu beobachten war. Es sollten daher auf zwei verschiedenen Standorten Grow-out Tests im Freiland durchgeführt werden. Daher wurden sowohl von Ökoplant als auch vom IGZ unabhängige Feldversuche auf Nichtbefalls-Standorten angelegt (Projektverlängerung vom 31.03.2014 bis 31.12.2014). Auf dem Standort Großbeeren/IGZ wurde in einer Blockanlage (Bodenart: Auenlehm) in 24 Kastenparzellen (Parzellengröße: 2 m x 2 m), auf denen noch nie Kresse angebaut war, Gartenkresse ausgesät. Die Vorfrucht auf dieser Anlage war seit 2008 Weidelgras, welches nicht konventionell behandelt wurde. Anfang Mai 2014 wurden Kressesamen aus verschiedenen Saatgutchargen (Tab. 7) von Bingenheimer Saaten AG zur Verfügung gestellt und ausgesät. Die Herkunft und die Belastung mit *P. lepidii* war im Vorfeld durch PCR bekannt. Pro Parzelle wurden 6 Pflanzenreihen à 0,3g Saatgut ausgesät. Jede Saatgutcharge wurde viermalig wiederholt. Die Verteilung der Blöcke war randomisiert (Abb. 16).

Während der Schotenbildung wurden pro Saatgutcharge Stängelproben (aus dem oberen Stängelbereich) entnommen und mittels qPCR auf Kontamination von Pflanzengewebe mit *P. lepidii* geprüft.

3C	8D	1A	9E	2B	6F	2B	6F	9E	1A	3C	8D
1A	2B	3C	6F	8D	9E	6F	1A	2B	8D	9E	3C

**Abb. 16:** Versuchsdesign für den Feld-Grow-out Test mit sechs Saatgutchargen (1A, 2B, 3C, 6F, 8D, 9E).

### 3. 3. 8 Untersuchungen zur Kontamination des Bodens mit *Perofascia lepidii* mittels Grow-out-Test

Bei wiederholtem Anbau von Kresse und Befall mit dem FM ist es möglich, dass der Erreger, infolge der Einarbeitung von befallenen Pflanzenteilen, im Boden überdauert und somit als primäre Inokulumquelle für die nachfolgende Kultur agiert. Mittels Grow-out-Test (siehe 3.3.3 Resistenzprüfmethode) unter kontrollierten Bedingungen sollte daher die Präsenz des Erregers in Bodenproben von Befalls-Standorten (Bereitstellung durch Ökoplant) aus der Vegetation 2011 untersucht werden. Dazu wurde erregerefreies Saatgut in die zu untersuchenden Bodenproben ausgesät. Die 1. Bonitur zum Symptomaufreten des FM erfolgte 7 Tage nach Aussaat (TnA) und nachfolgend zweimal wöchentlich bis 43 TnA. Es wurde ebenfalls eine „ja/nein“ Bonitur vorgenommen. Pflanzen ohne Symptome in Nachbarschaft zu symptomatischen Pflanzen im gleichen Topf wurden mittels PCR auf latenten Befall mit *P. lepidii* untersucht. Dazu wurden 10, 20, 30 und 40 TnA von je 10 Pflanzen der unterste Stängelabschnitt (1. Internodium) entnommen und mittels spezifischen PCR-Systems untersucht.

#### Überdauerung von *P. lepidii* im Boden

Die Fähigkeit von *P. lepidii* über längere Zeit im Boden zu überdauern, wurde im Jahr 2014 mittels Grow-out-Test geprüft. Untersucht wurde die Präsenz des Erregers in Böden (entnommen 2013) von zwei Biobetrieben, auf deren Betriebsflächen Gartenkresse (seit 2003/Ma bzw. 1995/Kel) in der Fruchtfolge vermehrt wurde.

## **4. Ergebnisse**

### **4. 1 Ergebnisse des Teil-Projekts Ökoplant**

#### **4. 1. 1 Monitoring**

Im Folgenden sind die wichtigsten Ergebnisse des Schaderregermonitorings auf Praxisflächen der einzelnen Projektjahre dargestellt. Die ausführlichen Beprobungsprotokolle befinden sich im Anhang. Vorweg befindet sich eine Zusammenstellung der wichtigsten Eckdaten zum Kresseanbau, die über die untersuchten Jahre hinweg erfasst wurden.

#### **4. 1. 2 Allgemeine Angaben zum Kresseanbau**

Der Anbau von Kresse zur Saatgutvermehrung erfolgte meist auf schwächeren Standorten, mit Bodenpunkten im Bereich von 35 – 50, nur in einem Fall auf sehr leistungsstarken Böden mit 80 Bodenpunkten. Innerhalb des Projektes wurden tendenziell eher extensive Anbauverfahren, innerhalb eines ackerbaulichen Betriebes mit Sonderkulturen in der Fruchtfolge beobachtet.

Ausgesät wurde in der Praxis meist Mitte bis Ende April, selten Anfang Mai, wobei tendenziell an den östlichen Standorten früher gesät wurde. Die Aussaatstärke schwankte sehr von Betrieb zu Betrieb und bewegte sich im Bereich von (5) 7- 11 kg/ha, bei Reihenabständen von 12 – 37,5 cm. Die Saattiefe wurde von allen Betrieben mit ca. 2 cm gewählt. Die Tausendkornmasse (TKM) der meisten Saatgutpartien lag zwischen 2,5 und 2,8 g. Zur Keimfähigkeit liegen nur wenige Angaben vor. Nach wie vor wird Saatgut aus der eigenen Vermehrung angebaut, wobei immer mehr Betriebe nach Schaderregeruntersuchungen des Saatgutes fragen und diese trotz hohen Kosten durchführen lassen. Saatgutbehandlungen waren bislang für die Vermehrungsbestände nicht relevant, lediglich bei starkem Befall mit *Alternaria brassicae* wurde eine Heissdampfbehandlung durchgeführt, da dieser samenbürtige Erreger Probleme in der Sprossenproduktion bereitet. Die Aussaat erfolgt sowohl mit Einzelkornsätechnik, als auch mit Getreidedrillen. In dem Projekt wurden hauptsächlich Vermehrungsflächen der Sorte „Einfache Kresse“ berücksichtigt. Bei intensivem Anbau wurde die Kresse mechanisch gehackt und gedüngt. Im extensiven Anbau stand die Kresse nach Leguminosen oder Kleegrasanbau, ohne zusätzliche Nährstoffzufuhr, mit engem Reihenabstand und ohne Hacke.

Der Erntezeitpunkt liegt für die meisten Flächen zwischen Ende Juli und Anfang August. Damit liegt die Kulturzeit der Kresse zwischen 100 und 120 Tagen. Bei einer Ertragserwartung von 5 - 7 dt gereinigte Ware/ha könnte der Anbau normalerweise als sehr unproblematisch eingestuft werden.

Neben den pilzlichen Schaderregern *P. lepidii*, *A. lepidii* und *Alternaria*-Arten, wurden auf allen Betrieben auch tierische Schaderreger gefunden (Rapsglanzkäfer, Erdflöhe, Blattläuse, Raupen).

#### **4. 1. 3 Kressevermehrungsflächen 2011**

2011 wurden ab Juli 7 Kressevermehrungsschläge auf 3 Betrieben untersucht. Ausführlich dargestellt sind im Folgenden die Schläge von Betrieb Hessen-Mitte und Thüringen 1, da es auf diesen Schlägen sehr große Variationen zwischen den Messpunkten gab. Von Betrieb Hessen-West werden 2 Schläge ausführlich behandelt und zu zwei weiteren lediglich der sehr einheitliche Befallsverlauf erläutert. Die ausführlichen Boniturdaten aller Untersuchungsflächen sowie die Lage der Messpunkte auf den Schlägen befinden sich im Anhang.

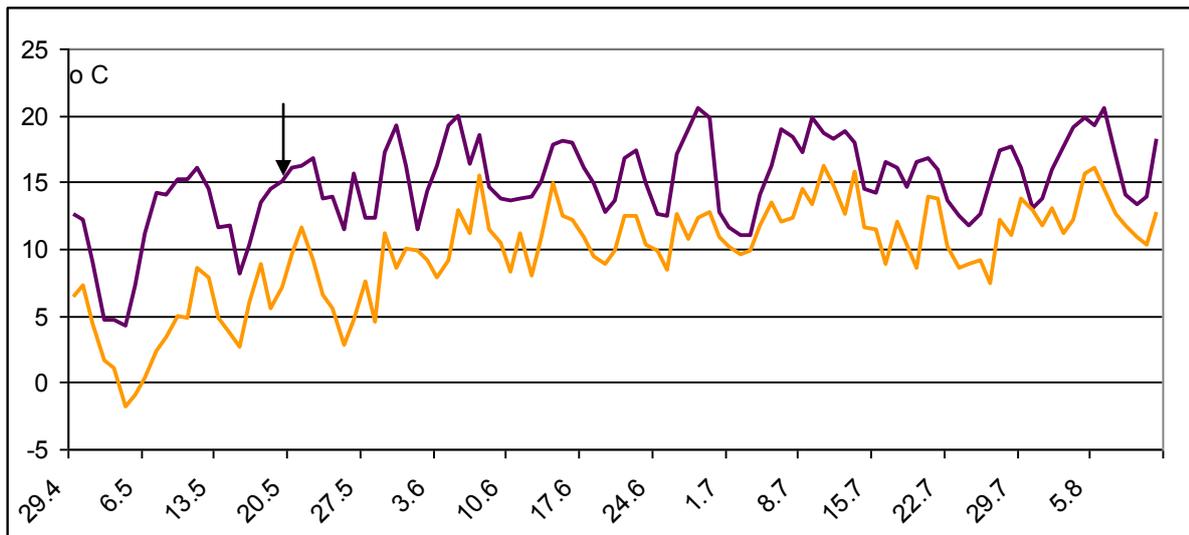
#### **Betrieb Thüringen 1**

##### **Standort und Lage der Messpunkte**

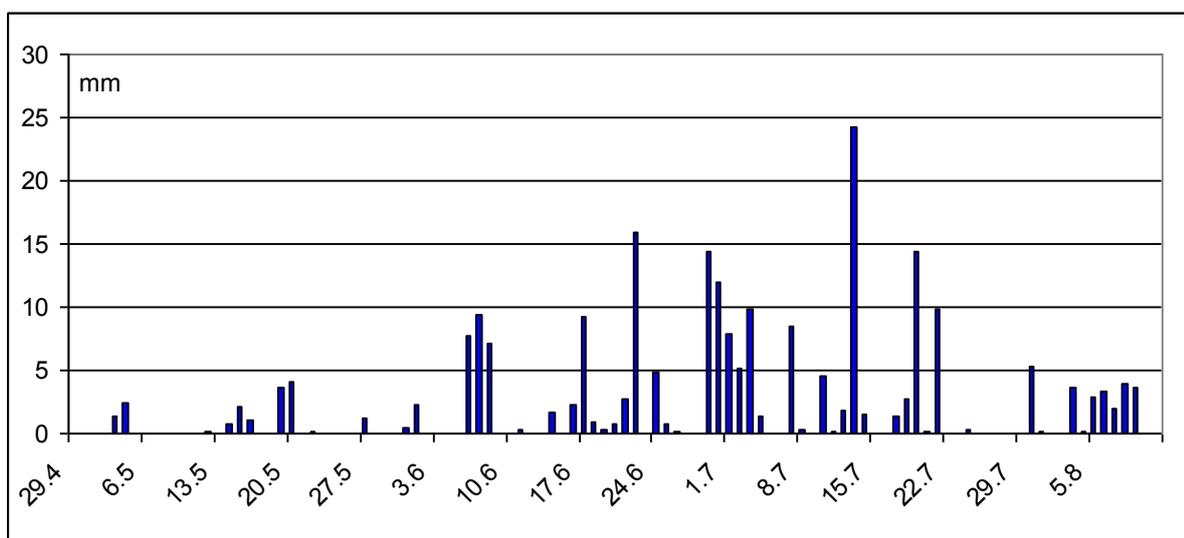
Auf den 37 ha großen Vermehrungsschlag wurden 4 Messpunkte gelegt. Messpunkt 1 lag im oberen Feldbereich, sehr windoffen, leicht kupiert mit einem sehr dichten Bestand. Vereinzelt waren stärker verunkrautete Bereiche und insgesamt weniger deutliche Befallssymptome zu beobachten. Messpunkt 2 lag am Feldrand und windgeschützt. Auffällig waren viele durch *Alternaria* sp. verursachten Verschwärzungen der Pflanzen im unteren Pflanzenbereich und an den Stängeln. Im unteren Feldbereich, direkt im Bereich des Vorgewendes, am tiefsten Punkt des Feldes mit sehr starken Bodenverdichtungen lag Messpunkt 3. Der Bestand war dort sehr lückig, lagerte zum Teil und die Pflanzen waren deutlich kleiner. Messpunkt 4 wurde außerhalb des Vorgewendes ebenfalls in den unteren Feldbereich gelegt.

##### **Witterung**

Die Witterungsdaten wurden von der Station Friemar (ca. 10 km entfernt, 288 m NN) bezogen. Das langjährige Niederschlagsmittel liegt bei 541 mm und die langjährige mittlere Temperatur bei 8 °C. Kurz nach der Saat kam es zu einem Kälteeinbruch (Abb. 17). Zum Zeitpunkt der Blüte und Samenreife kam es zu hohen Niederschlägen (Abb.18).



**Abb. 17:** Lufttemperatur (°C) in 5 cm (TMin) und 200 cm (mittlere Tages-Temperatur), im Zeitraum 01.04. bis 31.08.2011 in Friemar, 2011



**Abb. 18:** Niederschläge (mm), im Zeitraum 01.04. bis 31.08.2011 in Friemar, 2011

### Befallsbonitur

Zum Boniturtermin war der Kressebestand bereits in der Abreife. In der gesamten Fläche konnten Schadsymptome von Falschem Mehltau festgestellt werden (Tab. 30). Auffällig war der starke Befall im Bereich des Vorgewendes. Hauptschaderreger waren allerdings Schwärzepilze (*Alternaria* sp.), die zu Schwärzungen an den Blättern und den Stängeln führten. Die Pflanzen waren sehr gut entwickelt, mit hohem Samenansatz. Der Bestand war sehr dicht und lagerte teilweise. Am 15. Juli wurde das erste Mal eine Pflanzenprobe ans IGZ geschickt, an der *P. lepidii* nachgewiesen wurde. Das Ertragsniveau war an MP 3 deutlich geringer im Vergleich

zu den anderen MP, ebenso war das TKM der geernteten Samen geringer. Im Mittel wurden im Betrieb ein Kornertrag von 8 dt/ha geerntet.

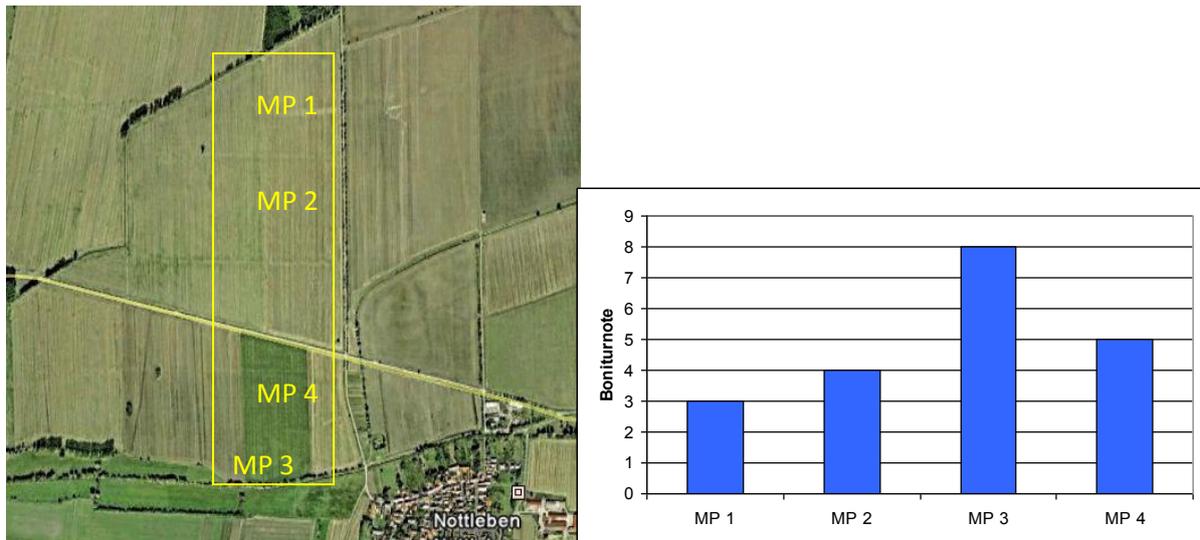
**Tab. 30:** Befallsverlauf und Pflanzenentwicklung an 4 Messpunkten, Betrieb Thüringen 1, 2011

<b>Bonitur: 04.08.2011</b>	<b>MP 1</b>	<b>MP 2</b>	<b>MP 3</b>	<b>MP 4</b>
Generelle Beurteilung des Schlages	Der Befall mit Falschem Mehltau war sehr unterschiedlich stark auf dem Feld. Auffallend war der sehr hohe Befall in der Bodenverdichtungszone im Vorgewende. Befallssymptome waren auf dem gesamten Schlag deutlich sichtbar, allerdings nicht durchgängig an allen Pflanzen. Auffallend waren die Schwärzepilze an den Pflanzen. Befallseinschätzung Befallsstärke Gesamtbestand: 4			
Entwicklungszustand der Pflanzen	Abreife der Samenstände, Pflanzen noch grün, nur noch wenige Blätter, BBCH Stadium: 83-84			
Pflanzenhöhe in cm	89	85	60	86
Pflanzenzahl/m <sup>2</sup>	298	280	136	168
Bodenfeuchte %	16	16	15	18
	<b>MP 1</b>	<b>MP 2</b>	<b>MP 3</b>	<b>MP 4</b>
	<b>Unterer Pflanzenbereich</b>			
Schadsymptom:	Kaum Symptome sichtbar die FM zugeordnet werden könnten; starke Verschwärzungen			
Befallsstärke:	2	2	3	2
Befall %:	0,5 – 2,5 %	0,5 – 2,5 %	3 – 5 %	0,5 – 2,5 %
	<b>Mittlerer Pflanzenbereich</b>			
Schadsymptom:	Verdrehungen, Deformationen, Verbräunte Blätter, Verwachsungen, Stauchungen, weißlich-gräulicher Pilzrasen			
Befallsstärke:	3	4	7	4
Befall %:	3 – 5 %	5 – 10 %	30 – 35 %	5 – 10 %
	<b>Oberer Pflanzenbereich</b> beginnend mit den Stängelverzweigungen			
Schadsymptome:	Verbräunungen, starke Verdrehungen und Deformationen, Stauchungen, weißlich-gräulicher Pilzrasen			
Befallsstärke:	3	4	8	5
Befall %:	3 – 5 %	5 – 10 %	40 – 60 %	10 – 15 %
Befallshäufigkeit	60 %	70 %	100 %	80 %
	<b>0 =kein Befall 3=geringer Befall 5=mittlerer Befall 7=starker Befall 9=sehr starker Befall, Totalausfall</b>			
Untersuchung des Erntegutes (PCR)	keine Untersuchung	keine Kontamination nachweisbar	<i>P. lepidii</i> , <i>A. lepidii</i> , <i>Hyaloperonospo</i>	keine Kontamination nachweisbar

Bonitur: 04.08.2011	MP 1	MP 2	MP 3	MP 4
			<i>ra parasitica</i>	
Unkrautarten-Spektrum	Ackerkratzdistel, Wasserknöterich, etwas Quecke, Ampfer Windenknöterich, Kamille, Flughafer, Hederich, Amaranth, Hirse, Mohn, Ehrenpreis, Klette, Löwenzahn, Nachtschatten			
Symptome ähnlich FM an Unkraut	Kamille: FM (graulicher Belag auf Blättern + Stängeln) Löwenzahn: <i>Albugo sp.</i> (Blattunterseits weiße Pustelherde)			
Ertrag, aufbereitetes Saatgut in kg/ha	1833	1797	457	1812
TKM in g	2,75	2,75	2,63	2,94
Sonstiges	Die Schwärzepilze konnten nicht näher identifiziert werden, vermutet wurden verschiedene <i>Alternaria sp.</i>			



**Abb. 19:** MP 3 (links) mit sehr starkem Befall und MP 1 (rechts) mit geringer Befallsstärke, Kressevermehrung, Betrieb Thüringen 1, 2011



**Abb. 20:** Lage der Kressevermehrungsfläche und Befallsstärke im oberen Pflanzenbereich, Betrieb Thüringen 1 im Jahr 2011

### Betrieb Hessen Mitte:

#### Standort und Lage der Messpunkte

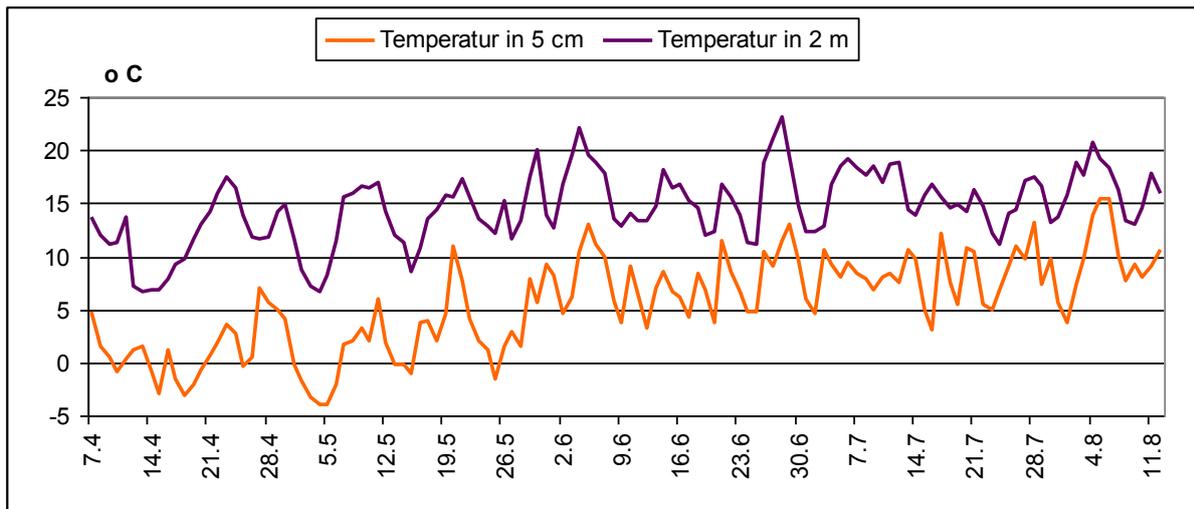
Die Fläche konnte nur einmal am 03.08.2011 beprobt werden. Zu diesem Zeitpunkt waren die Samen schon reif, die ersten Samen waren bereits ausgefallen. Innerhalb des leicht hängigen Schlages wurde an 4 Messpunkten bonitiert. MP 1 lag am oberen Rand der Fläche zum Wald hin, MP 2 lag in einer Senke im unteren Feldteil, MP 3 lag ebenfalls abschüssig noch vor dem Beginn der Hecken und mit starken Befallssymptomen. MP 4 befand sich im oberen Feldteil hinter den Hecken (Abb. 21).



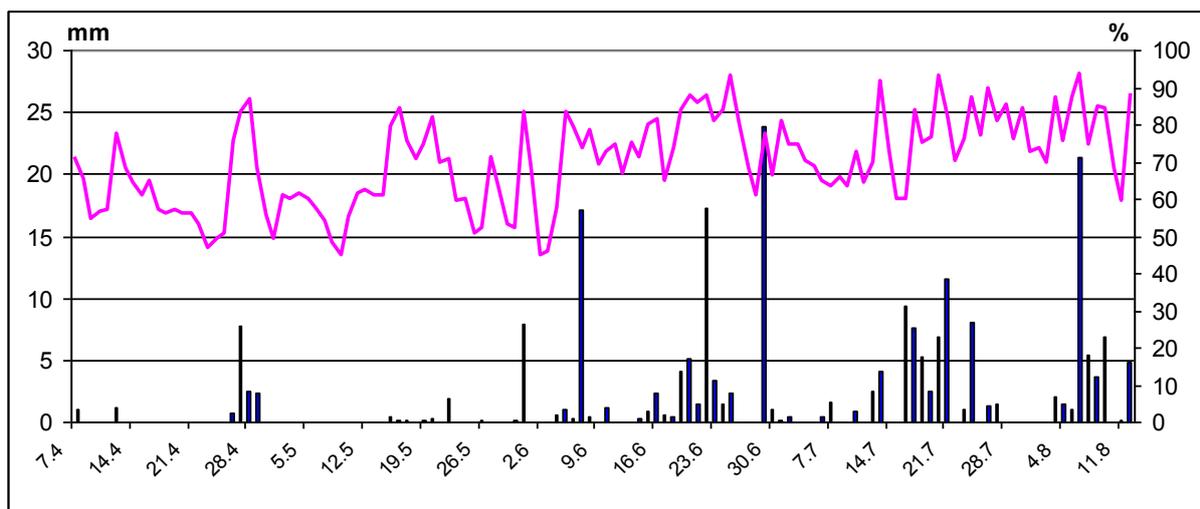
**Abb. 21:** Lage der Kressevermehrungsfläche von Betrieb Hessen Mitte, 2011

## Witterung

Die Temperaturdaten (mittlere TagesT in 2 m und TMin in 5 cm) wurden von der Station Dillenburg bezogen (ca. 30 km Entfernung, 314 m Höhe, Abb. 22). Niederschlagswerte und Luftfeuchtwerte (Abb. 23): Station Gladenbach (ca. 8 km Entfernung, 270 m NN, beide Stationen: DWD). Die Bodentemperatur ging bis Ende Mai unter 0 °C. Deutlich wird eine Trockenperiode bis Anfang Juni. Zur Blütezeit im Juli wurden sehr oft höhere Niederschläge gemessen.



**Abb. 22:** Lufttemperatur (°C) in 5 cm (TMin) und 200 cm (mittlere TagesT), vom 07.04. (Aussaat) bis 12.08.2011 (Ernte) in Dillenburg, Betrieb Hessen Mitte, 2011



**Abb. 23:** Niederschläge (mm) und Luftfeuchte in %, vom 07.04. (Aussaat) bis 12.08.2011 (Ernte) in Gladenbach, Betrieb Hessen Mitte, 2011

## Befallsbonitur

Die Fläche wurde insgesamt als stark befallen bonitiert (Boniturnote 7). Die Pflanzenzahl/m<sup>2</sup> schwankte von 292 bis 540 Pflanzen, wobei die geringste Pflanzenzahl am Messpunkt der geringsten Befallsstärke lag und den höchsten Ertrag brachte. Der Befall mit *P. lepidii* konnte am geernteten Saatgut an allen Messpunkten nachgewiesen werden. Am Messpunkt 1, der auf dem höchsten Punkt des Feldes lag, war die Pflanzenzahl am geringsten, die Pflanzen allerdings deutlich höher mit einem höheren Ertrag sowie der höchsten TKM der Samen. In diesem Bereich des Feldes war der Befall am geringsten. Über den Befallsverlauf konnte 2011 keine Aussage getroffen werden, da nur ein Boniturtermin möglich war. Am Ausgangssaatgut wurden keine Erreger des Falschen Mehltaus nachgewiesen, die Fläche wurde noch nicht zur Kressevermehrung genutzt und trotzdem kam es zu einem massiven Befall.

Tab. 31: Befallsverlauf und Pflanzenentwicklung an 4 Messpunkten, Betrieb Hessen Mitte, 2011

Bonitur: 03.08.2011	MP 1	MP 2	MP 3	MP 4
Generelle Beurteilung des Schlages	Gesamter Bestand befallen in unterschiedlichen Stärken; sehr starker Befall im Bereich der Hecke, vorwiegend Verdrehungen und Verschwärzungen der Pflanzen in der oberen Hälfte; alle Pflanzen leicht grau-silbrig überzogen <sup>1)</sup> Befallseinschätzung Gesamtbestand: 7			
Entwicklungszustand der Pflanzen	Druschreif; BBCH (Raps): Frucht- und Samenreife: 89 Vollreife			
Pflanzenhöhe in cm	97	60	70	88
Pflanzenzahl/m <sup>2</sup>	292	432	540	350
Bodenfeuchte %	15	14	16	16
	<b>Unterer Pflanzenbereich</b>			
Schadsymptom:	Aufgrund der Pflanzenabreife keine Bonitur mehr möglich, schwarze Blätter und sehr vereinzelt Stängelläsionen			
	<b>MP 1</b>	<b>MP 2</b>	<b>MP 3</b>	<b>MP 4</b>
	<b>Mittlerer Pflanzenbereich</b>			
Schadsymptom:	Verdrehungen, Pflanzen silbrig-gräulich, teilweise Verkrüppelungen und Stauchungen, Befall schon sehr weit fortgeschritten			
Befallsstärke:	4	6	8	8
Befall %:	8 – 10 %	20 %	40 – 60 %	40 – 60 %
Befallshäufigkeit	80 %	80 %	90 %	100 %

Bonitur: 03.08.2011	MP 1	MP 2	MP 3	MP 4
	<b>Oberer Pflanzenbereich</b> beginnend mit Stängelverzweigungen und den Seitensprossen			
Schadsymptome:	Verdrehungen und Deformationen der oberen Stängel, teilweise nur der Stängelspitze, Schwarz- und Braunfärbungen, Pflanzen silbrig-gräulich überzogen, Befall schon sehr weit fortgeschritten (siehe Abb. 16)			
Befallsstärke:	4	6	8	8
Befall %:	8 – 10 %	20 %	50 – 60 %	50 – 60 %
Befallshäufigkeit	80 %	80 %	90 %	100 %
<b>0 =kein Befall 3=geringer Befall 5=mittlerer Befall 7=starker Befall 9=sehr starker Befall, Totalausfall</b>				
Untersuchung Erntegutes (PCR)	An allen Saatgutproben wurde <i>P. lepidii</i> nachgewiesen			
Unkrautartenspektrum	Hoher Deckungsgrad: Disteln, Beinwell, Ampfer, Klettenlabkraut, Mittlerer Deckungsgrad bis sehr vereinzelt: Ackerhellerkraut, Amaranth, Stiefmütterchen, Windenknöterich, Kamille, Löwenzahn, Wegerich, Hahnenfuß, Wolfsmilch, Taubnessel, Storchenschnabel, Ehrenpreis			
Symptome ähnlich F. M. an Unkraut	keine			
Ertrag, aufbereitetes Saatgut in kg/ha	337	114	148	174
TKM in g	2,71	2,42	2,54	2,38
Sonstiges	<sup>1)</sup> Mitte Juni in IGZ Großbeeren an Pflanzenproben starker Befall mit Echtem Mehltau festgestellt, möglicherweise Ursache des silbrig-grauen Überzuges der Pflanzen			

## Betrieb Hessen West

### Standort und Lage der Messpunkte

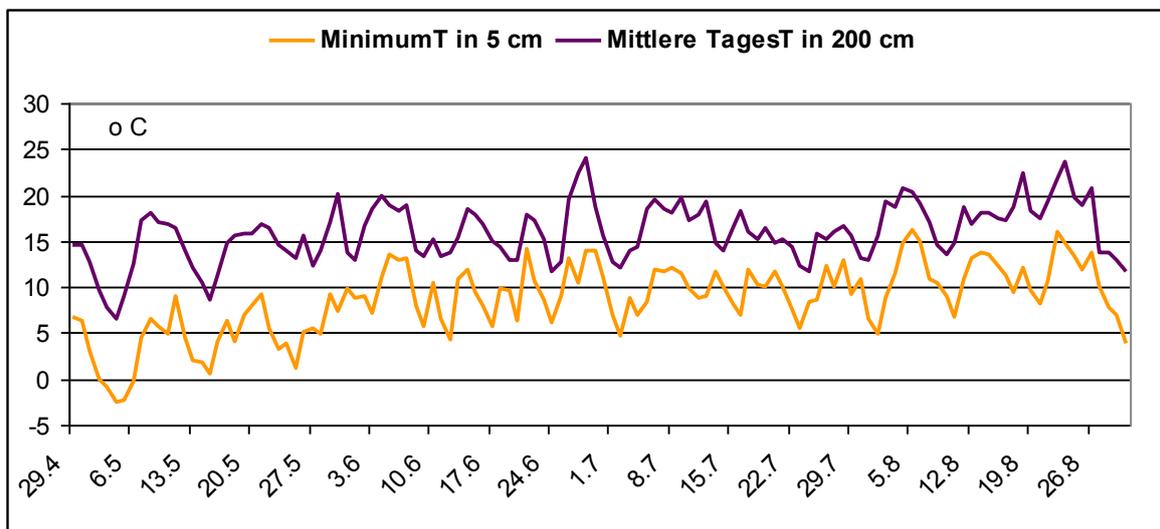
Insgesamt wurden vier Flächen beprobt: Michelbach (Mb 1 – 3) und Steckenroth (Steck 1), von denen 2 Flächen ausführlich dargestellt sind. Die Angaben zu den übrigen Flächen befinden sich im Anhang.

Die Vermehrungsflächen Michelbach 1-3 lagen oberhalb des Ortes, quasi auf einem Hochplateau, sehr windoffen. Auf den Flächen wurden jeweils 3 Messpunkte untersucht. In Steckenroth lag das Kressefeld ebenfalls an einer sehr exponierten, windoffenen Stelle, leicht hängig, mit einzelnen Senken im Feld (Abb. 27). Auf dieser Fläche wurde eine Kressespur zu einem späteren Termin nachgesät, die zum

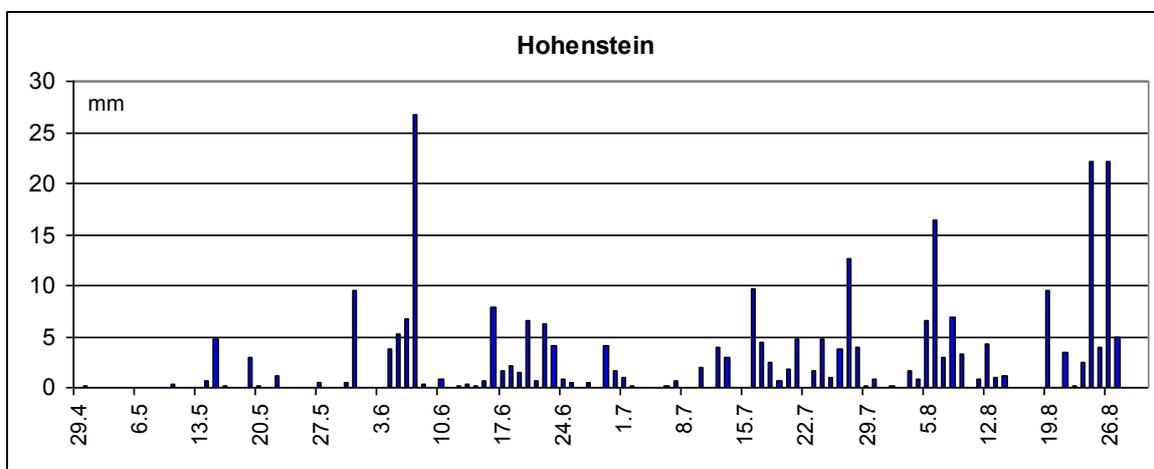
Zeitpunkt der Samenreife der restlichen Fläche in Blüte war und schon in der Blüte starke Befallssymptome mit Falschem Mehltau zeigte.

## Witterung

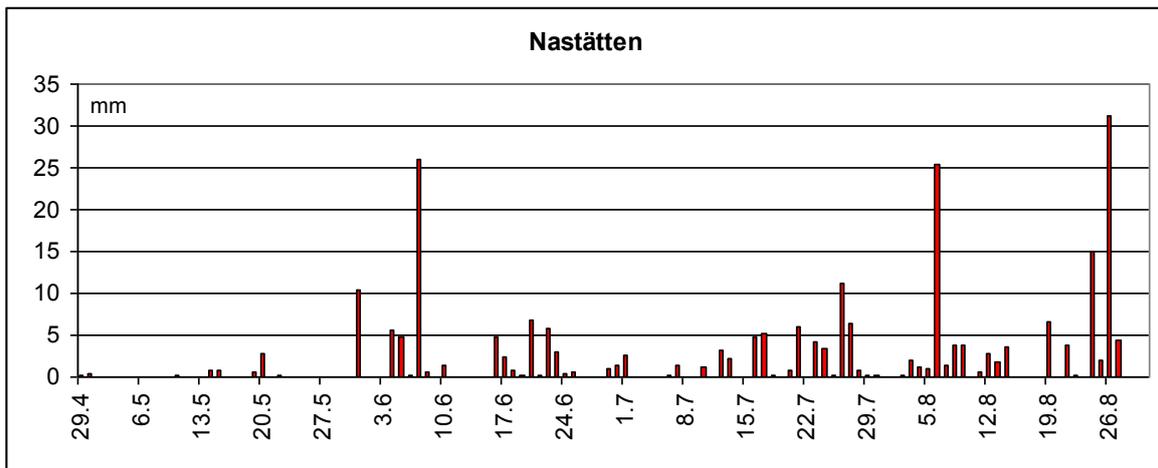
Für die Schläge in Michelbach wurden die Niederschlags- und Temperaturdaten der Wetterstation in Nastätten (268 m Höhe, 22 km Entfernung) verwendet. Die nächstgelegene Station für den Kresseschlag in Steckenroth war für die Temperatur ebenfalls Nastätten und für die Niederschlagsmessung Hohenstein-Breithardt (315 m Höhe, 3 km Entfernung). Aufgrund der späten Saat Ende April, kam die Kresse in der Auflaufphase in eine Kältephase mit minimalen Bodentemperaturen unter 0 Grad. Die Niederschläge waren an beiden Standorten regelmäßig und bis auf einen Starkregen (am 6.7.2011) günstig zu beurteilen.



**Abb. 24:** Lufttemperatur (°C) in 5 cm (TMinimum) und 200 cm (Mittlere TagesT), vom 29.04. (Aussaat) bis 20.08.2011 (nach Ernte) in Nastätten, 2011



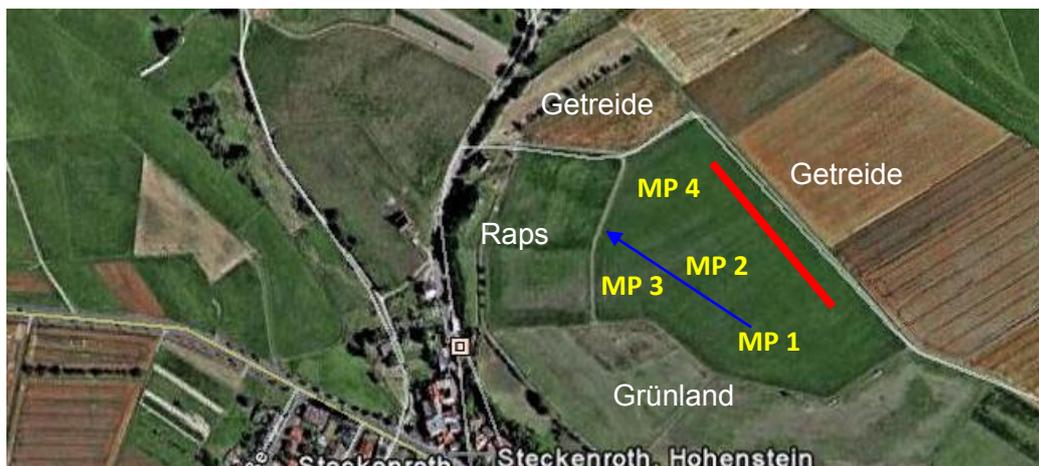
**Abb. 25:** Niederschläge (mm), vom 29.04. (Aussaat) bis 30.08.2011 (Ernte) in Hohenstein-Breithardt, 2011



**Abb. 26:** Niederschläge in mm, vom 29.04. (Aussaat) bis 30.08.2011 (Ernte) in Nastätten, 2011

### Befallsbonitur Steckenroth

Auf der Fläche waren 4 Messpunkte verteilt. MP 1 lag auf der Kuppe des Feldes, MP 2 im mittleren Feldbereich ca. 10 m vom später gesäten Kressestreifen entfernt, MP 3 lag in einer Feldsenke und MP 4 im unteren Feldbereich. Der Schlag war von Getreideflächen, einer Pferdeweide und einem Rapsschlag in der Abreife mit starkem Befall (Echter Mehltau) umgeben.



**Abb. 27:** Lage der Vermehrungsflächen in Steckenroth: leichtes Gefälle entlang des blauen Pfeils mit einigen Senken im Feld. Neugesäte Spur= rote Linie, zur Abreife des Bestandes noch in Blüte, Falschem Mehltau, Betrieb Hessen West, 2011

Zum 1. Boniturtermin (24.07.2011) zeigte der Bestand kaum Befallssymptome. Erste Zeichen des Schaderregers waren an den später gesäten, blühenden Pflanzen im nachgesäten Randstreifen zu sehen und in den Senken. Die später gesäten Pflanzen

kamen mit der Blüte in eine deutlich niederschlagreichere Periode als der restliche Bestand.

Ein ähnliches Bild zeigte sich zum 2. Boniturtermin am 12.8.2011. Nur an Messpunkt 2, im mittleren Feldbereich, waren stärkere Symptome von Falschem Mehltau sichtbar, die sich von dem abblühenden Streifen in den Bestand ausbreiteten. Zum 3. Boniturtermin (18.8.2011) war der Bestand druschreif. Auch zu diesem Zeitpunkt war der Befallsdruck eher gering und nur am MP 2 deutlich sichtbar. Typische Symptome des Falschen Mehltaus waren im unteren Pflanzenbereich nicht zu erkennen aber deutliche im oberen Teil der Pflanzen. Zum 3. Boniturtermin erhielt der Bestand eine Gesamtboniturnote 4 (geringer – mittlerer Befall) aufgrund der Befallsstärke am MP 2 und MP 3 (Tab. 32). Am Unkraut konnten keine Symptome eines pilzlichen Schaderregers gefunden und am Erntegut keine Kontamination nachgewiesen werden (Tab. 32). Die Pflanzenzahl/m<sup>2</sup> lag zwischen 183 und 425. Am MP 1 mit dem geringsten Befall waren sowohl der Ertrag als auch die TKM der geernteten Samen am höchsten (ausführliche Beschreibung im Anhang).

**Tab. 32:** Befallsverlauf und Pflanzenentwicklung an 4 Messpunkten, Betrieb Hessen West, Fläche Steckenroth zum 1. und 3. Boniturtermin, 2011

	<b>Bonitur: 24.07.2011</b>				<b>Bonitur: 18.8.2011</b>			
	<b>MP 1</b>	<b>MP 2</b>	<b>MP 3</b>	<b>MP 4</b>	<b>MP 1</b>	<b>MP 2</b>	<b>MP 3</b>	<b>MP 4</b>
Generelle Beurteilung des Schlages	Gesamter Bestand nur leicht befallen. In den Senken geringer Befall, nachträglich gesäte Kresse leicht befallen. Befallseinschätzung Gesamtbestand: 2				Gesamter Bestand gering befallen, in den Senken und der nachträglich gesäten Spur deutlich stärkerer Befall Befallseinschätzung Gesamtbestand: 4			
Entwicklungs- zustand der Pflanzen	BBCH (Raps): Frucht- und Samenreife: 85; leichte Lagerbildung				BBCH: 89			
Pflanzenhöhe in cm	75	110	120	105	80	100	110	95
Pflanzenzahl/m <sup>2</sup>	183	375	325	433	216	425	333	416
	<b>Mittlerer Pflanzenbereich</b>							
Schadsymptom:	Verbräunungen, leichte Verdrehungen, weißlicher Belag				Deformationen, Verbräunungen, Verdrehungen, gräulich-weißlicher Belag			

	Bonitur: 24.07.2011				Bonitur: 18.8.2011			
	MP 1	MP 2	MP 3	MP 4	MP 1	MP 2	MP 3	MP 4
Befallsstärke:	1	2	3	2	1	3	3	2
Befall %:	0 %	2 %	4 - 5 %	2 %	0 %	2,5-5 %	2,5-5 %	0-2,5 %
<b>Oberer Pflanzenbereich</b>								
Schad-symptome:	Verbräunungen, Verdrehungen, Deformationen, weißlicher Belag auf den Samenständen				Verbräunungen, Verdrehungen, Deformationen, grau-weißlicher Belag auf den Samenständen und den Stängeln			
Befallsstärke:	2	3	3	2	2	6	5	2
Befall %:	0-2,5	0-2,5	2,5-5	0-2,5	0-2,5	15-25	10-15	0-2,5
Befalls-häufigkeit %	10	50	60	20	40	90	90	50
<b>0 =kein Befall 3=geringer Befall 5=mittlerer Befall 7=starker Befall 9=sehr starker Befall, Totalausfall</b>								
Unkrautarten-spektrum	Im unteren Feldbereich stärkerer Unkrautbesatz: Kornblume, Gänsefuß, Melde, Knöterich, Ackerhellerkraut, Mohn  (keine Krankheitssymptome)							
Untersuchung des Erntegutes	Keine Kontamination nachgewiesen							
Ertrag, aufbereitetes Saatgut in kg/ha					264	210	200	230
TKM in g					2,78	2,70	2,64	2,74

### Befallsbonitur Michelbach

Drei Vermehrungsflächen konnten zu 3 Terminen bonitiert werden. Der Befallsverlauf von Fläche Mb2 ist ausführlich dargestellt, da es auf dieser Fläche deutliche Unterschiede zwischen den Messpunkten gab (Tab. 33).

Die **Fläche Mb1** lag sehr hängig, mit südlicher Ausrichtung. Der Bestand war sehr locker und homogen in der Abreife, die Kleeuntersaat sehr dünn, mit kleinen Pflanzen. Typische Befallssymptome von Falschem Mehltau waren im oberen Pflanzenbereich sichtbar. Vom 1. bis zum 3. Boniturtermin nahmen die Befallssymptome nur leicht zu. Im unteren Pflanzenbereich ging die Befallsstärke bis

maximal Boniturnote 3 (= geringer Befall) und im oberen Pflanzenbereich bis Boniturnote 5 (mittlerer Befall).

Die **Fläche Mb 3** lag ebenfalls in nördlicher Richtung mit abfallendem Gelände. Auffallend waren starke Bodenverdichtungsstreifen mit vielen Distelfeldern im Bestand, um die herum der Befall deutlich stärker war. Zum 1. Boniturtermin waren die Pflanzen in der unteren Hälfte noch sehr grün und die Samen gerade erst in der frühen Abreife. Der Befall nahm mit den Boniturterminen deutlich zu, der Gesamteindruck des Schlages wurde zu allen Boniturterminen mit der Note 5 (=mittlerer Befall) versehen. Die Fläche wurde vor ca. 5 Jahren schon einmal für die Kressevermehrung genutzt, während auf den anderen Flächen in Michelbach noch keine Kresse angebaut wurde. An MP 2 wurde eine Ernteprobe entnommen und auf Pathogene untersucht. Dabei wurde *P. lepidii* nachgewiesen (ausführliche Beschreibung im Anhang).

**Fläche Mb2** war leicht hängig, mit nördlicher Ausrichtung und einer starken Bodenverdichtung im unteren Bereich (MP 3). Die Fläche war von einer Hecke, Brache, Weide und einem Getreidefeld umgeben. Zum 1. Boniturtermin war der Bestand um MP 3 bereits komplett im Lager und stark mit Falschem Mehltau befallen (Abb. 28). Die Pflanzen zeigten zudem einen massiven Befall mit Schwärzepilzen. Im Gegensatz zu Fläche 1 war der Bestand deutlich höher und dichter. Die Kleeuntersaat war gut entwickelt, sehr dicht und mit Echtem Mehltau befallen. Unkräuter waren in den Feldteilen um MP 1 und 2 nur vereinzelt zu finden – ohne Befallssymptome. Der massive Befall rund um Messpunkt 3 dehnte sich nur sehr langsam über den Bestand aus und erreichte lediglich MP 2. Für die Befallseinschätzung des Gesamtbestandes wurde zu allen drei Boniturterminen die Note 3 (=geringer Befall) vergeben. Dennoch war auch vereinzelt Myzelbelag zu sehen. Eine epidemische Ausbreitung des Befalls fand trotz der vermehrten Niederschläge nicht statt.

Am Erntegut von MP 1 konnte keine Kontamination nachgewiesen werden. Im Erntegut aus MP 3 konnte mittels PCR *P. lepidii* detektiert werden. Der errechnete Saatgutertrag lag an MP 3 lediglich bei 404 kg/ha, bei den Messpunkten mit leichtem Befall bei 820 kg/ha (MP 2) und 120 kg/ha (MP 1).

**Tab. 33:** Befallsverlauf und Pflanzenentwicklung an 4 Messpunkten (MP), Betrieb Hessen West, Fläche Mb2 zum 1. und 3. Boniturtermin, 2011

	Bonitur: 24.07.2011			Bonitur: 18.8.2011		
	MP 1	MP 2	MP 3	MP 1	MP 2	MP 3
Generelle	Gesamter Bestand eher gering befallen, starker Befall im unteren					

Beurteilung des Schlages	Feldbereich ausgebreitet bis ins Feldmitte Gesamtbestand: 3					
Entwicklungs- zustand der Pflanzen	BBCH (Raps): Frucht- und Samenreife: 85; leichte Lagerbildung			BBCH: 89		
Pflanzenhöhe in cm	84	80	100	95	105	100
Pflanzenzahl/m <sup>2</sup>	741	600	783	858	933	675
	<b>Mittlerer Pflanzenbereich</b>					
Schadsymptom:	Verbräunungen, leichte Verdrehungen, weißlicher Belag			Deformationen, Verbräunungen, Verdrehungen, gräulich-weißlicher Belag		
Befallsstärke: Befall %:	2 0-2,5 %	2 0-2,52 %	4 5-10 %	2 0-2,5 %	3 2,5-5 %	5 10-15 %
	<b>Oberer Pflanzenbereich</b>					
Schadsymptome:	Verbräunungen, Verdrehungen, Deformationen, weißlicher Belag auf den Samenständen			Verbräunungen, Verdrehungen, Deformationen, grau-weißlicher Belag auf den Samenständen und den Stängeln		
Befallsstärke: Befall %:	2 0-2,5	2 2,5-5	7 25-35	3 2,5-5	5 15-25	8 35-67
Befallshäufigkeit %	10	30	80	20	40	90
	<b>0 =kein Befall 3=geringer Befall 5=mittlerer Befall 7=starker Befall 9=sehr starker Befall, Totalausfall</b>					
Unkrautarten- spektrum	Kornblume, Mohn, Senf, Melde, Ackerstiefmütterchen, Windenknöterich, kl. Brennessel, Ackerkratzdistel  (keine Krankheitssymptome)					
Untersuchung des Erntegutes (PCR)				Keine Konta- mination	Keine Unter- suchung	<i>P. lepidii</i>
Ertrag, aufbereitetes Saatgut in kg/ha				1167	820	404
TKM in g				2,62	2,63	2,68



Verbräunungen und Verdrehungen an den Tribspitzen



MP 3, Michelbach 2



Bestand Steckenroth



Starke Befallssymptome mit Falschem Mehltau, MP 3, Michelbach 2

**Abb. 28:** Schadsymptome und Bestandesaufnahmen der Kressevermehrung in Michelbach und Steckenroth, Betrieb Hessen West, 2011

### Untersuchung des Erntegutes

An 13 Boniturstellen wurden 2011 auf den Praxisflächen zur Ernte Saatgutproben (1 m<sup>2</sup>) entnommen, ausgedroschen (Pelz Alledrescher, Versuchsstation JLU Gießen), aufbereitet (Bingenheimer Saatgut AG) und molekularbiologisch mittels PCR auf das Vorhandensein von *P. lepidii* untersucht. Auf den stark und sehr stark befallenen Flächen wurde am Erntegut jeweils *P. lepidii* gefunden (Tab. 34).

**Tab. 34:** Befallseinschätzung aus den Messpunkten 2011 aller Flächen und Ergebnisse des PCR

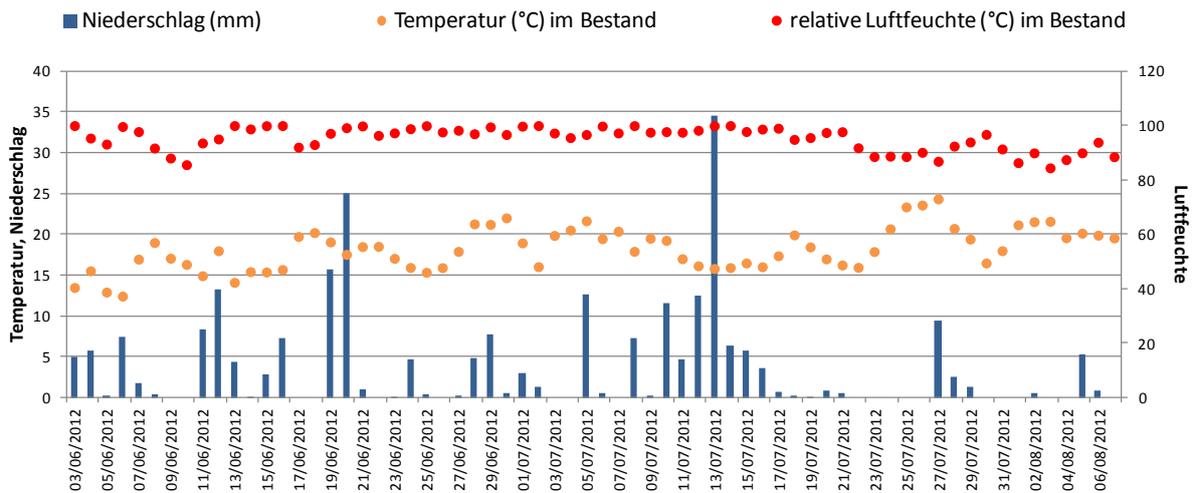
<b>Probennr.</b>	<b>Befallseinschätzung</b>	<b>Ergebnisse IDENTXX</b>
Steckenroth MP 3	5	keine Kontamination nachweisbar
Betrieb Hessen-Mitte MP 2	6	<i>Perofascia lepidii</i>
Steckenroth MP 1	2	keine Kontamination nachweisbar
Betrieb Hessen-Mitte MP 3	8	<i>Perofascia lepidii</i>
Betrieb Thüringen 1 MP 2	4	keine Kontamination nachweisbar
Betrieb Thüringen 1 MP 4	5	keine Kontamination nachweisbar
Betrieb Hessen-Mitte MP 4	8	<i>Perofascia lepidii</i>
Betrieb Hessen-Mitte MP 1	4	<i>Perofascia lepidii</i>
Betrieb Thüringen 1 MP 3	8	<i>Perofascia lepidii, Albugo lepidii, Hyaloperonospora parasitica</i>
Michelbach 1 MP 1	3	keine Kontamination nachweisbar
Michelbach 2 MP 3	7	<i>Perofascia lepidii</i>
Michelbach 2 MP 1	3	keine Kontamination nachweisbar

1=kein Befall 3=leichter Befall 5=mittlerer Befall 7=starker Befall 9=sehr starker Befall

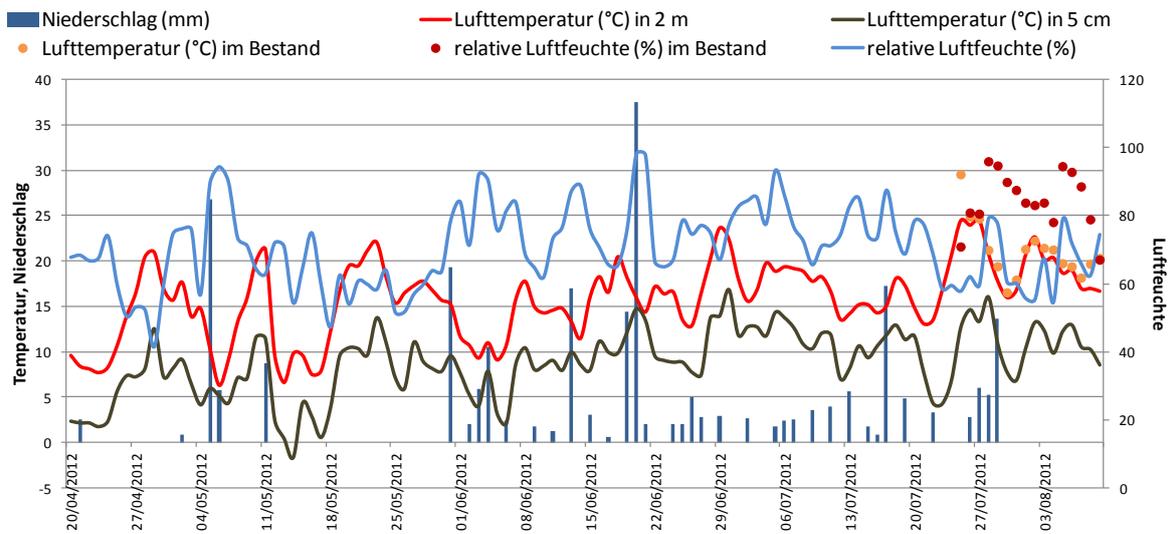
#### 4. 1. 4 Kressevermehrungsflächen 2012

##### Witterung

In der Vegetationsperiode 2012 kam es an allen Standorten zu hohen Niederschlägen, vor allem zur Erntezeit. Anfang Mai wurden von den Wetterstationen aller Standorte sehr niedrige Temperaturen mit teilweise Bodenfrost aufgezeichnet. Erfasst wurden großräumig die Daten der nächstgelegenen Wetterstation und in den Beständen bodennah das Bestandesklima. Zwischen den Messpunkten auf einer Fläche ergaben sich keine unterschiedlichen Werte. Beispielhaft ist in Abb. 28 der Witterungsverlauf auf der Fläche von Betrieb Hessen-Mitte dargestellt. Dieser zeigt sehr viele Niederschlagsereignisse über den gesamten Vermehrungszeitraum der Kresse und relative Luftfeuchten im Bestand von überwiegend 80 %. Für die Vermehrungsfläche von Betrieb Thüringen 2 wurden besonders in der Blüte- und Abreifezeit hohe Niederschläge gemessen (Abb. 29).



**Abb. 29:** Temperatur (°C) im Bestand (Tinytag), Niederschlag (mm) Wetterstation DWD Gladbach und relative Luftfeuchte (%) im Bestand (Tinytag) auf der Vermehrungsfläche Betrieb Hessen Mitte



**Abb. 30:** Niederschlag (mm), Wetterstation Weimar, relative Luftfeuchte (%), Wetterstation und bodennah, Lufttemperatur (°C) im Bestand und von Wetterstation, Vermehrungsfläche Betrieb Thüringen 2

## Pflanzenentwicklung

Auf der Vermehrungsfläche von Betrieb Hessen Mitte wurde am 17.04.2012 ausgesät. Am 24.04.2012 liefen die Pflanzen bereits auf. Die Keimblätter waren am 26.04.2012 voll entfaltet. Von Beginn an war ein Befall mit Erdflöhen zu beobachten, der bis zum Absterben der Rosettenblätter anhielt (bis ca. Anfang Juli) (Abb. 31).



**Abb. 31:** Entwicklung der Kressepflanzen: drei Wochen (09.05.2012), sieben Wochen (13.06.2012) und elf Wochen nach der Aussaat (09.08.2012) Fläche Betrieb Hessen Mitte

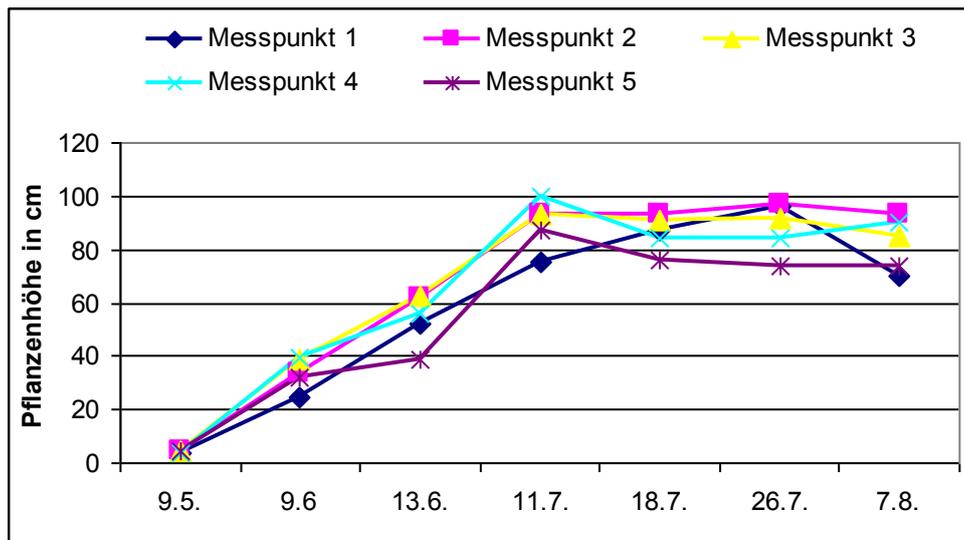
Die Pflanzenanzahl pro m<sup>2</sup> schwankte auf den sechs Vermehrungsflächen zwischen 161 und 429. Auf der Fläche von Betrieb Rheinland-Pfalz nahm die Bestandesdichte von Aufgang bis zur Ernte um die Hälfte ab (Tab. 35). Die geringste Anzahl Pflanzen/m<sup>2</sup> wurde bei Betrieb Thüringen 1 ermittelt, der im weiteren Kulturverlauf mit dem höchsten Ertragsniveau auffiel.

**Tab. 35:** Pflanzenzahl/ m<sup>2</sup> (Mittelwerte ± Standardabweichungen) bei Aufgang und Ernte in den Kressevermehrungsflächen 2012.

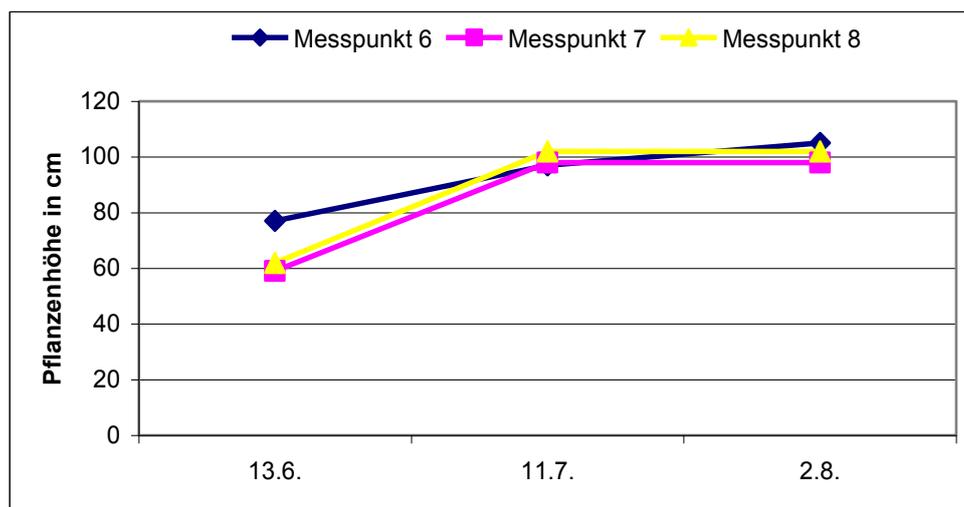
Fläche	Betrieb Hessen Mitte	Betrieb Rheinland-Pfalz	Betrieb Hessen West links	Betrieb Hessen West rechts	Betrieb Thüringen 1	Betrieb Thüringen 2
Aufgang	176 ± 20 a	429 ± 32 b	219 ± 64 a	235 ± 19 a	161 ± 6 a	212 ± 12 a
Ernte	144 ± 35 a	206 ± 66 a	213 ± 61 a	295 ± 70 a	138 ± 17 a	209 ± 101 a
p-Wert	n.s.	0.0061 **	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Verschiedene Buchstaben in einer Zeile geben signifikante Unterschiede zwischen den Pflanzenzahlen/m<sup>2</sup> an, P-Werte in Spalten geben Unterschiede zwischen Aufgang und Ernte auf der jeweiligen Vermehrungsfläche an (Signifikanzlevels: n.s. – nicht signifikant, \*\* - 0.001, t-Test)

Die Pflanzenhöhe war auf allen Vermehrungsflächen ähnlich und zeigte wenige Unterschiede zwischen den Messpunkten. Insgesamt waren die Bestände von Betrieb Rheinland-Pfalz deutlich höher als die von Betrieb Hessen Mitte (Abb. 32).



**Abb. 32:** Pflanzenhöhe (cm) der Kresse über den Vegetationsverlauf, Betrieb Hessen Mitte, 2012



**Abb. 33:** Pflanzenhöhe (cm) der Kresse über den Vegetationsverlauf, Betrieb Rheinland-Pfalz, 2012

An den meisten Messpunkten erreichten die Kressepflanzen mindestens BBCH-Entwicklungsstadium 89, d.h. alle Hülsen sind braun gefärbt, die Samen trocken und hart. Auf dem Schlag rechts von Betrieb Hessen West kam es allerdings zu frühzeitig abgestorbenen Pflanzen mit leeren Samenständen.

Zur Beschreibung von Bodenverdichtungszone an den Messpunkten, wurden mit einem Penetrologger die Eindringtiefe und der Eindringdruck gemessen. Deutliche

Unterschiede in der Eindringtiefe zeigten sich zwischen den Flächen der Betriebe Hessen Mitte, Thüringen 1 und Thüringen 2 (Tab. 36). Auf der Fläche von Betrieb Thüringen 1 war eine Eindringtiefe von 80 cm möglich, während auf dem Schlag von Betrieb Hessen Mitte im Mittel nur 19 cm möglich waren. Der maximale Eindringdruck lag bei Betrieb Thüringen 1 am niedrigsten. Zwischen den Messpunkten ergaben sich deutliche Unterschiede. Beispielsweise zeigten sich auf der Fläche von Betrieb Hessen Mitte am Messpunkt 5 eine sehr geringe Eindringtiefe. Dieser Messpunkt wurde bewusst in eine Bodenverdichtungszone gelegt, um Effekte auf den Befall mit Falschem Mehltau beobachten zu können.

**Tab. 36:** Maximale Eindringtiefe (cm), minimaler und maximaler Eindringdruck (MPa) gemessen mit dem Penetrologger (Eijkelkamp, Giesbeek, Niederlande)

Vermehrungsfläche	Messpunkt	Max. Eindringtiefe (cm)	Min. Eindringdruck (MPa)	Max. Eindringdruck (MPa)
Betrieb Hessen Mitte	1	19	0.54	5.04
	2	44	0.69	5.21
	3	10	0.48	4.23
	4	14	0.34	3.71
	5	7	0.56	1.90
Mittelwert		<b>19</b>	<b>0.52</b>	<b>4.02</b>
Betrieb Thüringen 1	17	80	0.51	2.61
	18	80	0.70	3.40
	19	80	0.57	1.97
Mittelwert		<b>80</b>	<b>0.59</b>	<b>2.66</b>
Betrieb Thüringen 2	20	36	0.53	4.80
	21	42	0.23	5.61
	22	41	0.40	2.65
	23	66	0.50	4.09
	24	27	0.69	2.67
Mittelwert		<b>42</b>	<b>0.47</b>	<b>3.96</b>

Auf keinem der untersuchten Kressevermehrungsschläge konnte ein Ertrag von über 1 t/ha erreicht werden, mit dem vor der Ausbreitung des Falschen Mehltauerregers noch gerechnet wurde. Der höchste Ertrag wurde in Thüringen 1 erreicht, wo die Kresse auf ertragsstarkem Boden und bei intensiver Kulturführung (Düngung, mechanische Unkrautregulierung) vermehrt wurde (Tab. 37). Die Gartenkresse wurde hier mit sehr geringer Pflanzenzahl (Aussaattiefe 5 kg/ha) und mit weitem Reihenabstand (37,5 cm) angebaut. Auffallend sind die großen Ertragsunterschiede auf der Fläche Thüringen 1 zwischen den Messpunkten, wobei sich die Messpunkte lediglich durch die Ausbringung von Milchsäurebakterien und energetisiertem Wasser unterschieden. Da es keine wiederholten Beobachtungen und Ertragserfassungen zu diesen Behandlungen gab, kann keine gesicherte Aussage über mögliche Effekte getroffen werden. Die Tausendkornmasse lag, unabhängig vom Ertragsniveau, zwischen 1,94 und 3,13 g.



MP	Behandlung	Ertrag kg/ha
17	Kontrolle	164
18	Milchsäurebakterien Karner Milchsäure SOJALL-VITANAL 2 Applikationen	630
19	En. Wasser	711

**Abb. 34:** Lage der Messpunkte auf der Vermehrungsfläche von Betrieb Thüringen 1 (links). Kornertrag am Messpunkt, hochgerechnet auf 1 ha (rechts)

**Tab. 37:** Kornertrag (kg/ha) (Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichungen) und Tausendkornmasse (TKM, g) der sechs Vermehrungsflächen. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Signifikanzlevel 0.05, Tukey

Fläche	Kornertrag (kg/ha)	TKM (g)
Betrieb Hessen Mitte	338 $\pm$ 163 a	2,66 $\pm$ 0,08 a
Betrieb Rheinl.-Pfalz	33 $\pm$ 22 b	1,94 $\pm$ 0,14 b
Betrieb Hessen West links	98 $\pm$ 53 b	2,20 $\pm$ 0,11 b
Betrieb Hessen West rechts	46 $\pm$ 60 b	1,94 $\pm$ 0,05 b
Betrieb Thüringen 1	502 $\pm$ 295 a	2,84 $\pm$ 0,13 a
Betrieb Thüringen 2	285 $\pm$ 126 ab	3,13 $\pm$ 0,17 c

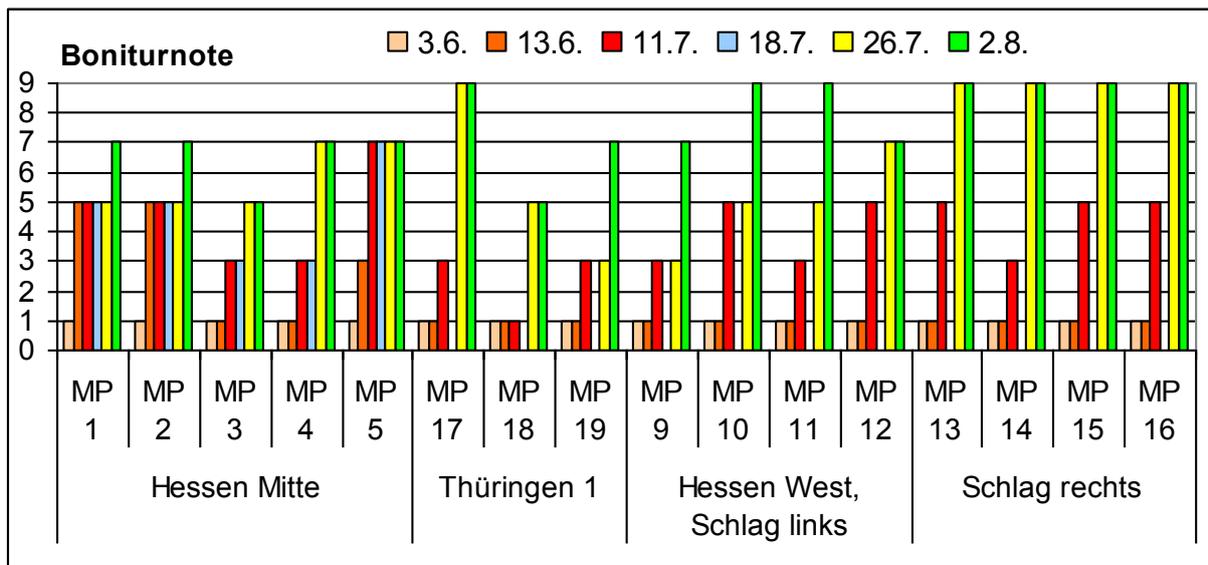
## Befallsbonitur

Auf der Vermehrungsfläche von Betrieb Hessen Mitte waren neben dem Befall mit Erdflöhen bereits Anfang Juni (3.6.12) erste Verkrümmungen zu sehen, die aber nicht eindeutig den Schadsymptomen des Falschen Mehltaus zugeordnet werden konnten. Diese Symptome zeigten sich zeitgleich auf den Betrieben Rheinland-Pfalz und Thüringen 1. Dazu kam ein massiver Befall mit Blattwespenlarven und auf Betrieb Thüringen 1 ein massiver Befall (19.6.12) mit *Alternaria brassicae* an Stängeln und später auch an Blüten- und Samenständen. *Alternaria*-Befall wurde auf allen Flächen, außer Hessen Mitte beobachtet, allerdings deutlich schwächer als in Thüringen.

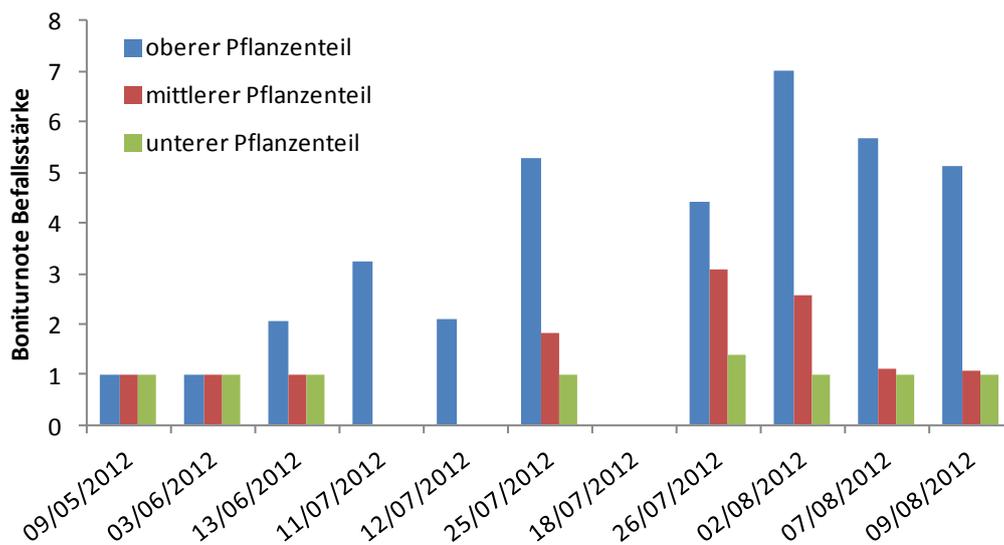
Die Symptome des Falschen Mehltaus waren im oberen Pflanzenbereich (Blüten-, Samen- und Schotenbereich) am stärksten ausgebildet, während die Symptome im mittleren und unteren Pflanzenbereich nur wenig sichtbar waren (Abb. 36). Der erste Befall mit Falschem Mehltau wurde zu Beginn der Blüte (ca. Mitte bis Ende Juni) sichtbar. Auf den einzelnen Vermehrungsflächen konnte eine ständige Zunahme der Symptome des Falschen Mehltaus an den Pflanzen beobachtet werden. Im Bestand wurden die Symptome des Erregers deutlich weniger wahrgenommen, als an den entnommenen Einzelpflanzen zur Bonitur. Die Abnahme der Stärke des Befalls im Bestand war auf das Abreifen der Pflanzen und damit die schlechtere Erkennbarkeit der Symptome im Feld zu begründen.

Ein Befall mit *A. lepidii* konnte nur auf dem Schlag von Betrieb Thüringen 2 festgestellt werden. Dieser wurde hauptsächlich an Blättern und Stängeln im späteren Vegetationsverlauf (ab BBCH 67) beobachtet.

Der Befallsverlauf im oberen Pflanzenbereich an den untersuchten Messpunkten wird in der Abbildung 35 für die Schläge von Betrieb Hessen Mitte, Thüringen 1 und den beiden Feldern von Betrieb Hessen West dargestellt. Auf dem Schlag Hessen Mitte lag MP 5 in einer Bodenverdichtungszone und zeigte einen sehr frühen und starken Befall, während MP 3, der auf einer Kuppe und sehr windoffen lag, bis zur Ernte nur einen mittleren Befall aufwies. Auf der Fläche des Betriebes in Thüringen war es MP 17, der durch den höchsten Befall auffiel und MP 18 (Behandlung mit Milchsäurebakterien) mit dem geringsten Befall. Die beiden Messpunkte zeigen zudem die langsame Ausbreitung des Erregers im Bestand und die kleinräumig sehr unterschiedliche Befallssituation. Dies wird auch mit dem Befallsverlauf der beiden Schläge Hessen West deutlich, die lediglich durch einen Feldweg getrennt waren. Zur Abschlußbonitur wurden Pflanzen mit starkem Befall (Fläche rechts) sowie Messpunkte mit geringerem Befall (Fläche links) beobachtet (Abb. 35).

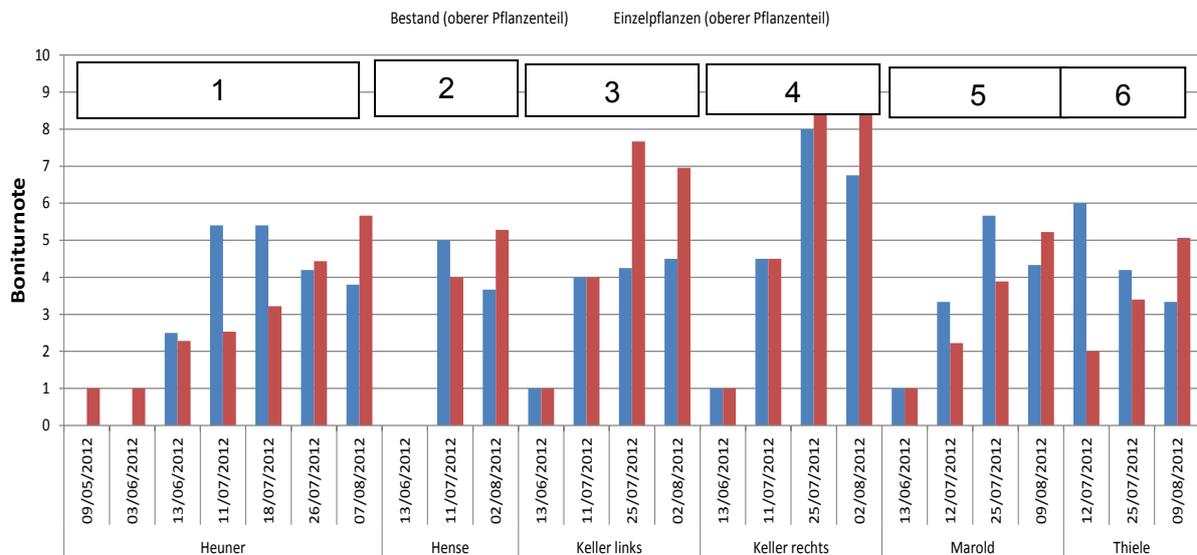


**Abb. 35:** Befallsbonitur von Symptomen des Falschen Mehltaus im oberen Pflanzenbereich ausgewählter Messpunkte in den Kressevermehrungsbeständen 2012



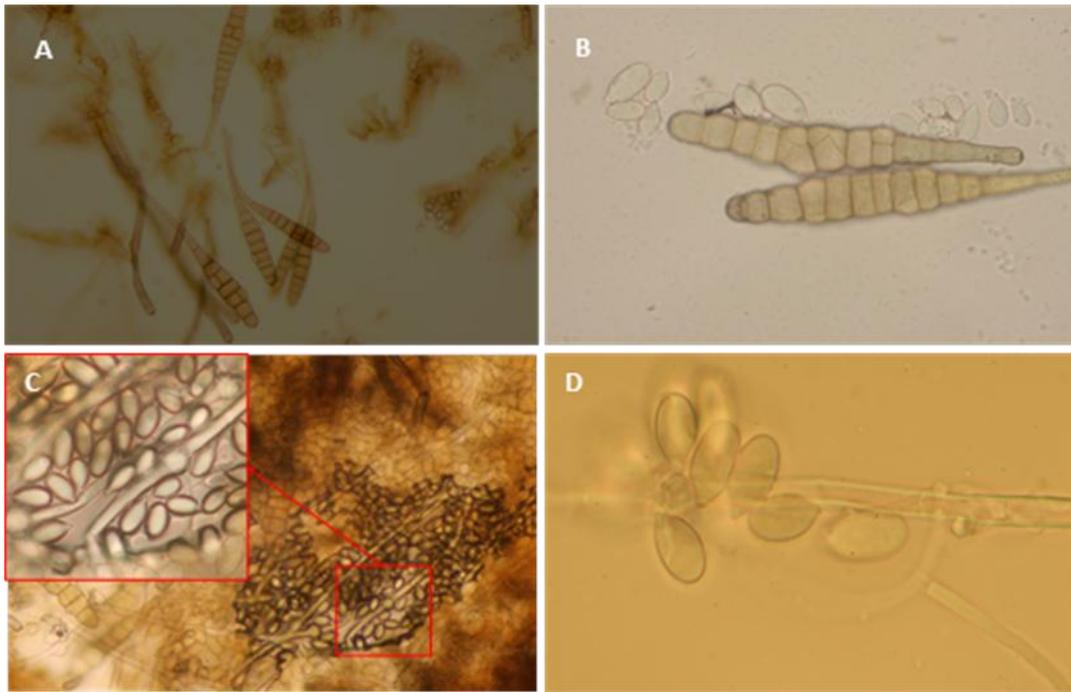
**Abb. 36:** Entwicklung der Befallsstärke über den Vegetationszeitraum 2012 für den oberen, mittleren und unteren Pflanzenteil im Bestand. Mittelwerte aller sechs Vermehrungsflächen am jeweiligen Datum aus der Einzelpflanzenbeobachtung

Der Befallsverlauf auf den einzelnen Vermehrungsflächen ist in Abb. 37 dargestellt. Der stärkste Befall wurde auf den Flächen von Betrieb Hessen West rechts, gefolgt von der Fläche links festgestellt. Deutlich wird die Zunahme des Befalls auf den Flächen ab dem Monat Juli (Abb. 37).



**Abb. 37:** Bonitur der Symptome von *P. lepidii* in der oberen Pflanzenetage (Blüte bzw. Samenstand) während der Kultur im Bestand (blaue Säule) und Mittelwerte aus Einzelpflanzenbeobachtungen (rote Säule) auf den Vermehrungsflächen 2012  
 1 = Hessen Mitte, 2 = Rheinland-Pfalz, 3 = Hessen West links und rechts (4), 5 = Thüringen 1, 6 = Thüringen 2

An den Ernteproben aus den Ertragserfassungen der einzelnen Messpunkte wurden Samen im Jakobsen-Tank ausgelegt und auf pilzliche Schaderreger untersucht. Mikroskopische Aufnahmen zeigten bereits nach 4 Tagen eine Vielzahl von Konidien von *A. brassicae* (Abb. 38). Nach sieben Tagen ließ sich ebenfalls *A. brassicae* sowie ein mikroskopisch nicht eindeutig festzustellender Sekundärpilz feststellen (Abb. 38 B-C). Eine Infektion mit *P. lepidii* ließ sich mikroskopisch nicht feststellen.



**Abb. 38:** Auffällige Konidien von Kohlschwärze (*Alternaria brassice*)(A, B) und pilzliche Sekundärinfektion (nicht näher bestimmt) (B, C, D)

#### 4. 1. 5 Kressevermehrungsflächen 2013

Im Jahr 2013 wurden 10 Anbauflächen von fünf Betrieben einem Monitoring unterzogen (s. Kapitel 3.1.). Zur Bezeichnung der Flächen und der verwendeten Saatgutherkünfte wurden, neben der Angabe des Betriebes, Schlagnamen verwendet oder im Falle der unterschiedlichen Saatgutherkünfte diese mit in die Bezeichnung aufgenommen (s. 3.1.1).

#### Witterungsverlauf

Der Witterungsverlauf während der Vegetation 2013 war geprägt von einem extrem niederschlagreichen Mai. Zu diesem Zeitpunkt befand sich die Kresse auf allen Flächen im Rosettenstadium. Im Osten zeigte sich auch im weiteren Verlauf ein eher kälteres und sonnenscheinarmes Jahr. In Sachsen lag die Temperatur im Sommer bei 17,9 °C (langjähr. Mittel: 16,5 °C). Mit 274 l/m<sup>2</sup> (langjähr. Mittel: 222 l/m<sup>2</sup>) war Sachsen im Sommer 2013 das Bundesland mit den höchsten Niederschlägen. Die Sonne schien in Sachsen 735 Stunden (langjähr. Mittel 609 Stunden). Thüringen kam im Sommer 2013 auf 17,6 °C (15,8 °C), 153 l/m<sup>2</sup> (210 l/m<sup>2</sup>) und mit 689 Stunden (592 Stunden) auf vergleichsweise wenig Sonnenschein. In Hessen (17,8 °C, Mittel: 16,2 °C) summierte sich der Niederschlag auf 141 l/m<sup>2</sup> (222 l/m<sup>2</sup>) und die Sonnenscheindauer auf 706 Stunden (586 Stunden). In Rheinland-Pfalz lag im Juni die Mitteltemperatur bei 17,8 °C (16,3°C). Die Niederschlagsmenge blieb mit 169 l/m<sup>2</sup>

(langjähr. Mittel: 218 l/m<sup>2</sup>) um 22 Prozent unter dem langjährigen Mittel. Die Sonnenscheindauer übertraf in Rheinland-Pfalz mit 732 Stunden das langjährige Mittel um 23 Prozent (595 Stunden).

Während die mittlere Tagestemperatur während der Vegetationsperiode zunahm, nahm die mittlere relative Tagesluftfeuchte ab (Abb. 38). Die mittlere Lufttemperatur war in Thüringen am niedrigsten und im Gebiet der Vermehrungsflächen von Betrieb Hessen-West um durchschnittlich 5,1 °C höher (Tab. 38).

**Tab. 38:** Kleinräumig aufgenommene Messwerte der Temperatur- und Luftfeuchtemesser (Tinytag). Die Niederschlagsmengen wurden aus den frei zugänglichen Klimadaten des DWD berechnet. Die Stationen waren Halle/Leipzig, Erfurt/Weimar und Frankfurt am M./Flughafen

	Sachsen	Thüringen 1	Hessen -West	RL-Pfalz Schlag: Groß	RL-Pfalz Schlag: Rbh
Temp.summe (°C)	1354	617	1336	1497	1411
Mittlere Temp. (°C)	18,5	14,7	17,7	19,8	18,7
MaximaleTemp. (°C)	44,0	32,8	40,5	41,2	48,7
MinimaleTemp. (°C)	3,7	2,2	3,2	2,4	2,2
Mittelwert rLF(%)	75	83	76	73	82
Maximale rLF (%)	100	100	100	100	100
Minimale rLF (%)	0	35	26	21	19

### Pflanzenentwicklung

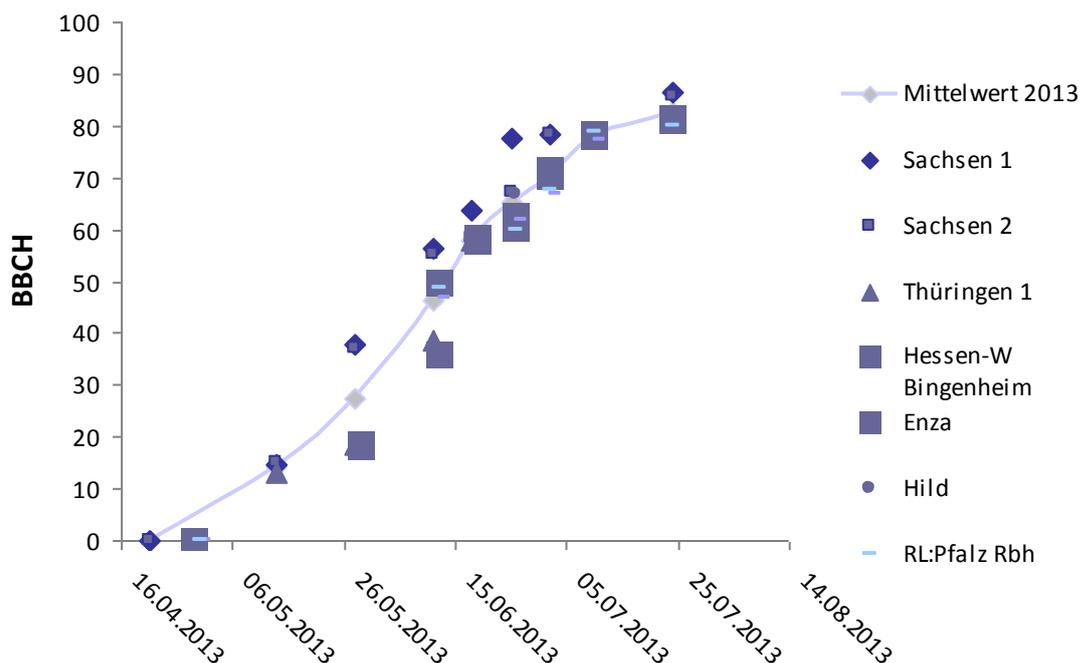
Die Pflanzenanzahl pro m<sup>2</sup> schwankte auf den zehn Vermehrungsflächen zwischen 148 und 396 Pflanzen/m<sup>2</sup> (Tab. 39).

**Tab. 39:** Pflanzenzahlen/m<sup>2</sup> (Mittelwerte ± Standardabweichungen) zum Aufgang und Ernte für die untersuchten Vermehrungsflächen 2013. Verschiedene Buchstaben einer Zeile geben signifikante Unterschiede zwischen den Pflanzenzahlen/m<sup>2</sup> auf den Vermehrungsflächen an. P-Werte in Spalten geben Unterschiede zwischen Aufgang und Ernte des jeweiligen Jahres auf der jeweiligen Vermehrungsfläche an (Signifikanzlevels: \* - 0.05, \*\* - 0.01, \*\*\*- 0.001, Tukey)

	Sachsen 1	Sachsen 2	Thüringen 1	Hessen- West Bingen heim	HILD	ENZA	RL-Pfalz Schlag: Groß	RL-Pfalz Schlag: Rbh
Aufgang	234 ± 9 b	293 ± 0 c	148 ± 2 a	396 ± 7 e	362 ± 13 d	351 ± 6 d	237 ± 5 c	273 ± 2 c
Ernte	264 ± 8 d	227 ± 0 bcd		222 ± 22 cd	232 ± 17 cd	246 ± 41 cd	102 ± 33 a	127 ± 43 ab
p-Wert	*			***	***	*	*	**

Es wurde eine mittlere Pflanzenhöhe von 91,7 (±16,5) cm bis zur Ernte erreicht. Es gab keine signifikanten Unterschiede in der Pflanzenhöhe zwischen den Vermehrungsflächen.

Die phänologische Entwicklung der Pflanzen zeigte auf den Vermehrungsflächen ein sehr homogenes Bild (Abb. 39). An allen Messpunkten erreichten die Kressepflanzen mindestens das Entwicklungsstadium BBCH 89: alle Schoten sind braun ausgefärbt, die Samen trocken und hart. Der Entwicklungsvorsprung auf den Vermehrungsflächen von Betrieb Sachsen war möglicherweise auf den früheren Aussattermin zurückzuführen.

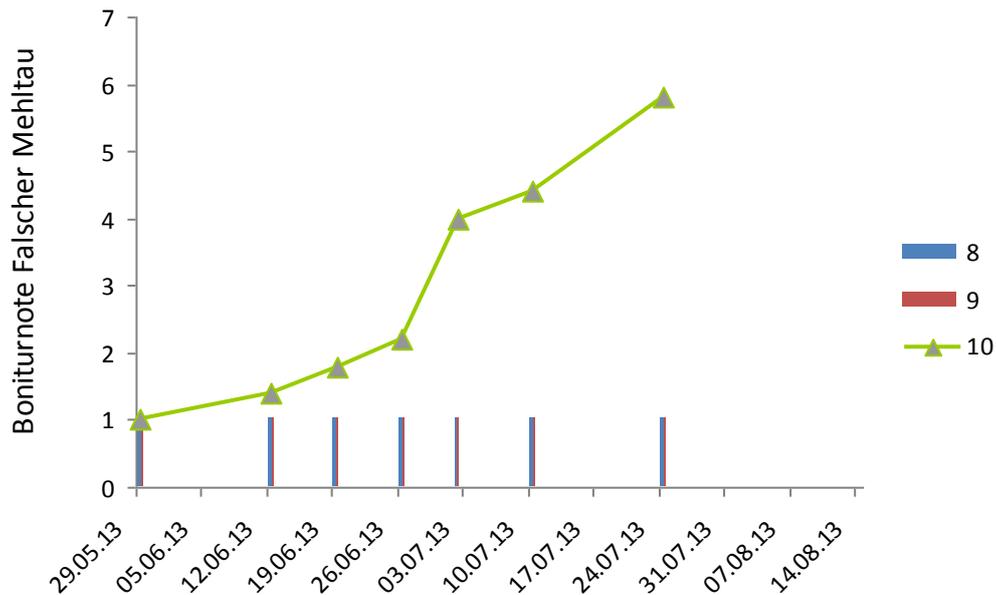


**Abb. 39:** Phänologische Entwicklungsstadien (nach BBCH-Stadien Raps) der Kressepflanzen auf den zehn Vermehrungsflächen 2013. Angegeben sind jeweils Mittelwerte der Messpunkte (n=10). Die Linie beschreibt die Mittelwerte aller ermittelten BBCH-Werte am jeweiligen Beobachtungstermin

### Befallsverlauf mit Falschem Mehltau

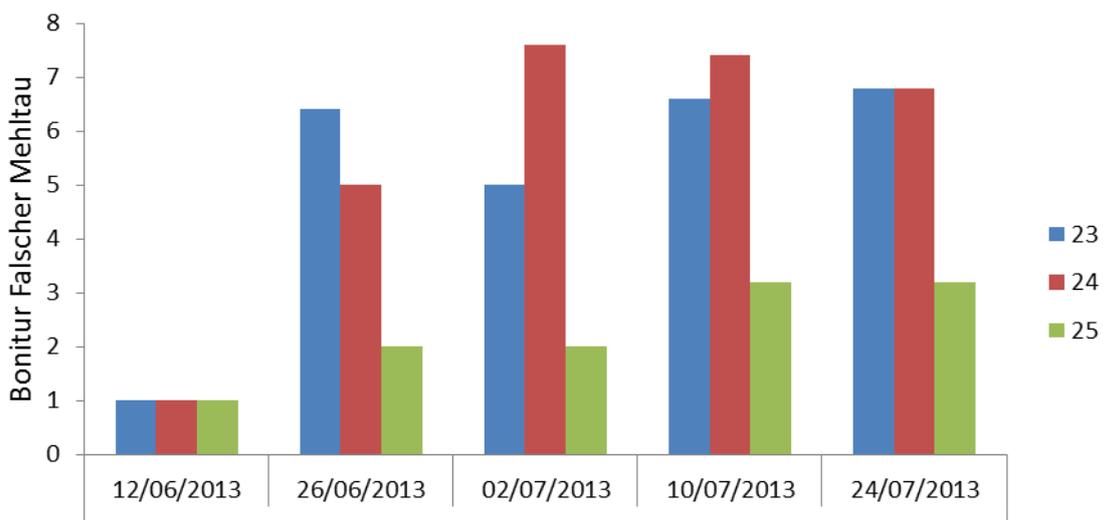
Das Befallsverlaufsbild von *P. lepidii* war auf allen westlichen befallenen Flächen ähnlich. Zunächst zeigten einzelne Pflanzen Symptome wie Verdrehungen des Stängels, leichte Vergilbung der Blätter und anschließend weißlichen Belag auf der Blattunterseite.

Auf der Fläche von Betrieb Hessen West, WK Bingenheim zeigten sich am 11.06.2013 Symptome des Falschen Mehltaus. Hier wurde breitflächig im Reihenabstand von 12 cm gesät. Die Symptome zeigten sich hier flächig, nicht nur an Einzelpflanzen, ausgehend von Messpunkt 10. Deutlich zu sehen war, dass andere Teilflächen der Vermehrungsflächen nicht befallen waren oder erst viel später eine Infektion zeigten (MP 8 und 9) (Abb. 40). Auch der Fläche im Betrieb Rheinland-Pfalz, Schlag Rbh, zeigte sich eine unterschiedliche Befallsstärke an den Messpunkten. Am Messpunkt 25 war der Befall deutlich geringer (Abb. 41).



**Abb. 40:** Boniturnoten des Falschen Mehltau Befalls an den Messpunkten 8 bis 10 auf der Vermehrungsfläche von Betrieb Hessen West, WKBingenheim, 2013

Der Betrieb Thüringen 1 musste seine Vermehrungsfläche aufgrund des starken Befalls mit *P. lepidii* im Rosettenstadium der Kresse umbrechen. In Sachsen wurde auf beiden Vermehrungsflächen kein Befall mit *P. lepidii* festgestellt, allerdings leichter Befall mit *A. lepidii* (sporulierend).



**Abb. 41:** Boniturnoten des Falschen Mehltau Befalls auf der Vermehrungsfläche von Betrieb Rheinland-Pfalz, Schlag Rbh an den Messpunkten 23, 24 (eigene Saatgutvermehrung) und 25 (Saatgut Nachbarbetrieb), 2013

Bis zum Sichtbarwerden der Symptome vergingen 44 bis 72 Tage ( $\pm 7$ ), also ca. 6 bis 10 Wochen nach der jeweiligen Aussaat. Früh zeigten sich Symptome bei den Vermehrungsflächen WKBingenheim (Tab. 40).

**Tab. 40:** Zeitdauer (in Tagen) von der Aussaat bis zur Identifikation erster Symptome des Falschen Mehltaus

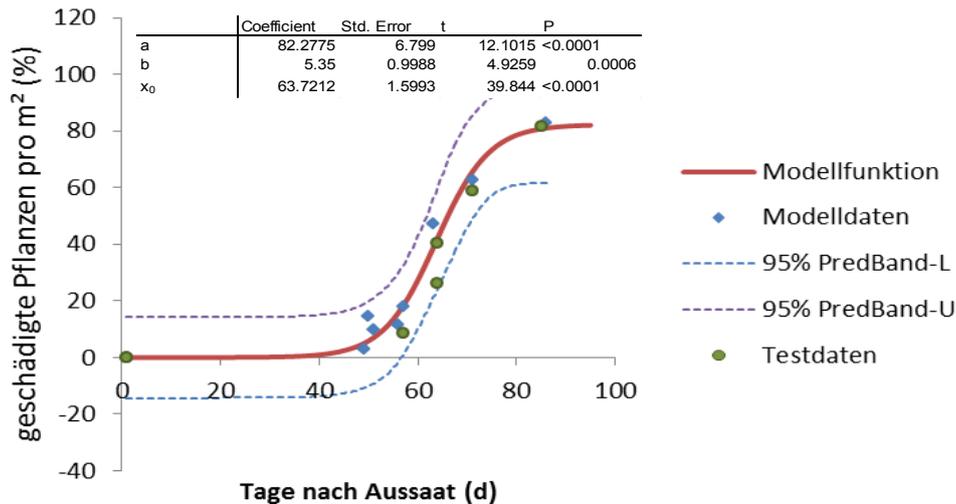
Vermehrungsfläche	Aussaat	Sichtbare Symptome in Tagen nach der Aussaat ( $\pm 7$ )
Betrieb Sachsen 1	21.04.2013	-
Betrieb Sachsen 2	27.04.2013	45
Betrieb Hessen West WKBingenheim	29.04.2013	44
WKENZA	29.04.2013	72
WKHILD	29.04.2013	65
Betrieb Rhl.-Pfalz CHeNRbh	30.04.2013	57
CHeNGroß	30.04.2013	50

Mit den Daten eines ausgewählten Schlags (Sachsen 1) aus 2013 wurde mit Hilfe der nicht-linearen Regression beispielhaft ein Modell für den Zusammenhang zwischen den Tagen nach der Aussaat und dem Auftreten der Symptome von Falschem Mehltau errechnet ( $r^2 = 0,94$ ). Das nicht-lineare Modell verwendet die sigmoidalen Funktion:

$$f(x) = \frac{a}{1 + \exp\left(\frac{-x-x_0}{b}\right)} \quad (\text{Gl. 1})$$

bei der  $a$  den maximalen Befall eines Schleges widerspiegelt,  $x_0$  den maximalen Zeitpunkt bis zum Auftreten der sichtbaren Symptome des Falschem Mehltaus und  $b$  die maximale Verbreitungsrate.

Mit ca. 45 Tagen nach Aussaat traten erste Pflanzen mit sichtbaren Symptomen des Falschen Mehltaus auf. Laut Modell nahm der Anteil Pflanzen mit Symptomen danach mit max. 5 % täglich zu. 50 % befallener Pflanzen waren 63 Tage nach Aussaat erreicht (Abb. 42). Das Ausmaß der Symptome an den Pflanzen, d.h. die bonitierte Befallsstärke wurde dabei nicht berücksichtigt.



**Abb. 42:** Zunahme der befallenen Pflanzen mit *P. lepidii* (%) auf einer Vermehrungsfläche

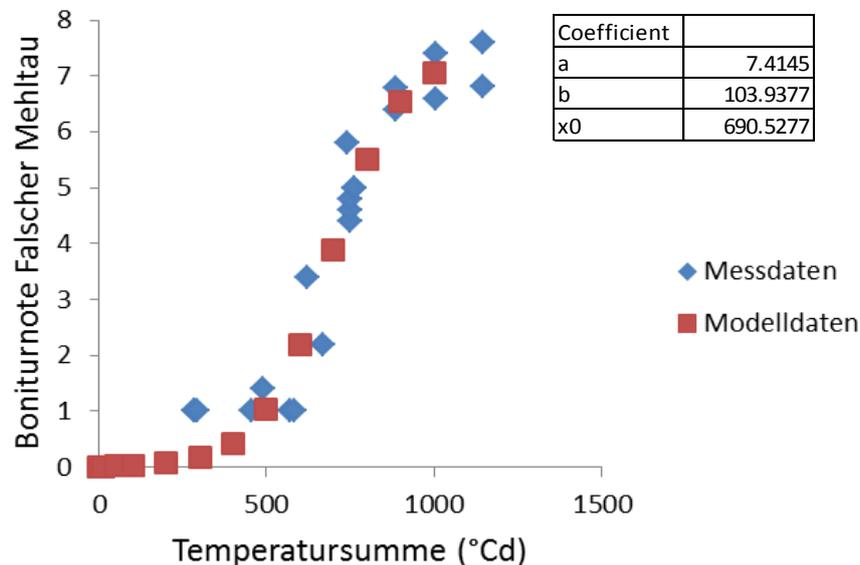
Die Befallsstärkedaten des letzten Boniturtermins aller Schläge aus 2013 wurden mit Hilfe einer Varianzanalyse auf den Einfluss wesentlicher Faktoren geprüft (Faktoren als Kovariaten). Die Ergebnisse weisen auf die Temperatursumme, die Bodenfeuchte sowie die Pflanzendichte zum Erntezeitpunkt als wesentliche Faktoren hin (Tab. 41). Signifikante Wechselwirkungen von der mittleren Luftfeuchtigkeit mit der Pflanzenzahl/m<sup>2</sup> und der Temperatursumme deuten zudem auf einen großen Einfluss der Luftfeuchtigkeit hin, der jedoch stark von anderen Bedingungen modifiziert wird.

**Tab. 41:** Haupt- und Wechselwirkungen von Wachstumsfaktoren auf die Befallsstärke am letzten Boniturtermin, Ergebnisse einer Varianzanalyse mit den Faktoren als Kovariaten

Faktoren / Wechselwirkungen	Signifikanzniveau (p-Werte)
Temperatursumme	0.000
Bodenfeuchte, gravimetrisch (%)	0.037
Pflanzenanzahl/m <sup>2</sup> zur Ernte	0.006
Luftfeuchtigkeit (Mittel, %) x Pflanzenanzahl/m <sup>2</sup> zur Ernte	0.002
Temperatursumme x Luftfeuchtigkeit (Mittel, %)	0.009
Bodenfeuchte x Pflanzenanzahl/m <sup>2</sup> bei Ernte	0.014

Aufgrund der hohen Abhängigkeit von der erreichten Temperatursumme konnte die Zunahme der Befallsstärke an den Pflanzen eines Beispielschlages (Sachsen 1) einfaktoriel mit einer sigmoidalen Funktion der Gl. 1 wiedergegeben werden ( $r^2 =$

0.93), wobei  $a$  den maximalen Befall der Pflanze widerspiegelt,  $x_0$  den Zeitpunkt bis zum Auftreten der ersten sichtbaren Symptome des Falschen Mehltaus und  $b$  die maximale Befallsausbreitung an der Pflanze (Abb. 43).



**Abb. 43:** Befallsverlauf in Abhängigkeit von der Temperatursumme auf der Vermehrungsfläche Sachsen 1

Eine interessante Beobachtung ergab sich hinsichtlich des Auftretens des Falschen Mehltaus an Unkräutern. Auf den Vermehrungsflächen von Betrieb Sachsen zeigten einzelne Pflanzen von Ackerhellerkraut, Breitwegerich sowie von Hirtentäschel Befallssymptome von Falschem Mehltau. Allerdings war dieses weitaus früher zu beobachten als der Ausbruch der Symptome an Kresse.

In der Vegetationsperiode kam es auf den Vermehrungsflächen in Sachsen und im Betrieb Hessen West auf der Fläche mit der Saatgutherkunft WK Bingenheim zu einem Befall mit Weißem Rost. Weiße Pusteln zeigten sich auf Stängeln, Blättern und Schoten gleichermaßen.

Der Kornertrag schwankte auf den Vermehrungsflächen zwischen 170 und 1.360 kg/ha. Der Ertrag war auf der Fläche von Betrieb Hessen West WK ENZA am höchsten, auf der Fläche Rheinland-Pfalz, Schlag Groß am geringsten (Tab. 42). Zugekauftes Saatgut führte zu deutlich höheren Erträgen, als Saatgut aus eigenem Nachbau, bei dem sich auch der Befall mit Falschem Mehltau früher beobachten ließ. Eine Ausnahme stellt der Betrieb in Sachsen dar. Dieser verwendet ausschließlich eigenes Saatgut, welches bei der Bingenheimer Saatgut AG aufbereitet wird. In den

vergangenen Anbaujahren wurde noch nie Befall von Falschem Mehltau festgestellt. Der Ertrag war abhängig von der Pflanzenzahl/m<sup>2</sup> zur Ernte, vom Gesamtgewicht der Pflanzen/m<sup>2</sup>, von der Tausendkornmasse und der Temperatursumme über die Vegetationsdauer. Die mittlere Luftfeuchte sowie die mittlere Bodenfeuchte über die Vegetationsdauer hatte keinen signifikanten Einfluss auf den Ertrag. Allerdings zeigte sich, dass der Befall mit FM den Ertrag erheblich minderte (Tab. 42).

**Tab. 42:** Kornertrag (kg/ha) und Tausendkornmasse (TKM, g) der Vermehrungsflächen im Jahr 2013. Angegeben sind Mittelwerte ± Standardabweichungen berechnet aus der Anzahl der Messpunkte pro Schlag

Vermehrungsfläche	TKM (g)	Ertrag (kg/ha)
Betrieb Sachsen Fläche 1	2.64 ± 0.08	1253 ± 381
Betrieb Sachsen Fläche 2	2.60 ± 0.00	1280 ± 0
Betrieb Thüringen 1	-	-
Betrieb Hessen-West, WKBingenheim	2.57 ± 0.05	1106 ± 527
Betrieb Hessen West, WKHILD	2.49 ± 0.04	1087 ± 220
Betrieb Hessen West, WKENZA	2.68 ± 0.07	1360 ± 413
Betrieb Rheinl.-Pfalz, Groß	2.50 ± 0.03	170 ± 71
Betrieb Rheinl.-Pfalz, Rbh	2.44 ± 0.03	313 ± 438

Eine Korrelationsanalyse zwischen dem Ertrag und den möglichen Einflussfaktoren ergab, dass maßgeblich die Anzahl der zu erntenden Pflanzen/m<sup>2</sup> und ihrer Konstitution (Gewicht bzw. Höhe) den Ertrag bestimmten (Tab. 43). Eine hohe Pflanzendichte und hohe Einzelpflanzengewichte waren mit hohen Erträgen verbunden. Aber auch die Befallsstärke mit Falschem Mehltau ist ein wesentlicher Faktor der Ertragshöhe.

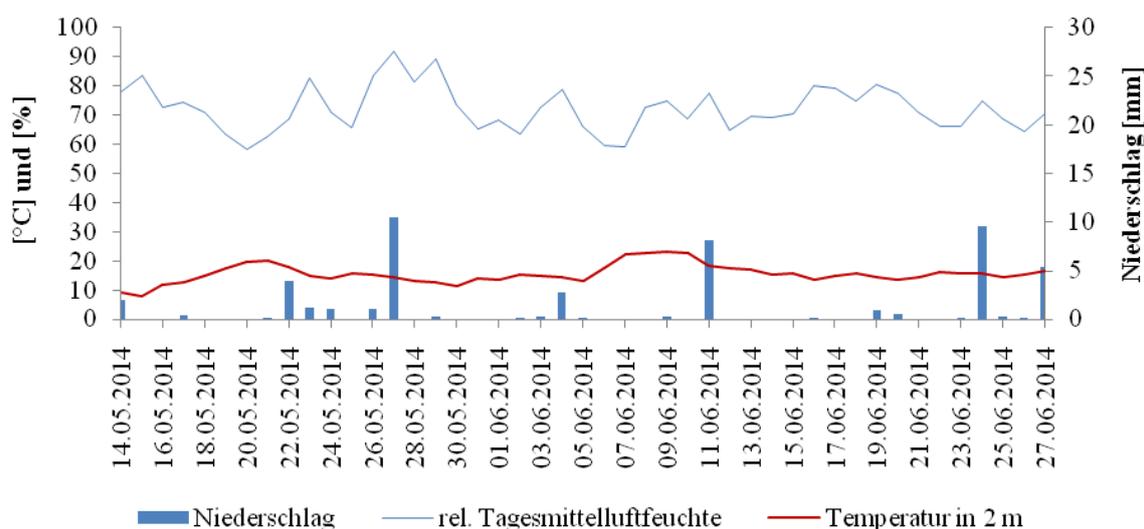
**Tab. 43:** Zusammenhang von den Kresseerträgen 2013 und möglichen Faktoren, Korrelationskoeffizienten (r) und Signifikanzniveaus

	r	Signifikanzniveau (p-Wert)
Pflanzenanzahl Aussaat	0,42	-
Pflanzenanzahl Ernte	0,85	< 0,00
TKM	0,75	< 0,00
Gewicht Kressepflanzen	0,87	< 0,00
Temperatursumme	0,75	< 0,00
Mittlere Bodenfeuchte grav.	0,38	-
Mittlere rel. Luftfeuchte	0,17	-
Befallsstärke Falscher Mehltau	0,82	< 0,00
Höhe	0,72	< 0,00

#### 4. 1. 6 Feld-Grow-Out

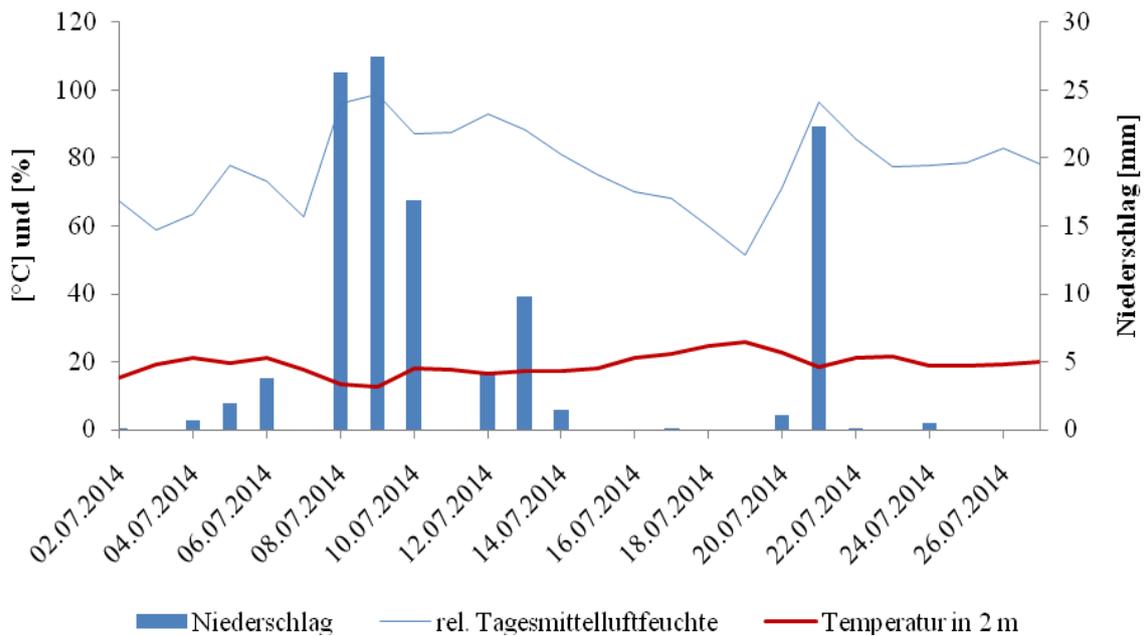
##### Witterung

Die beiden Grow-Out-Tests wurden bei unterschiedlichen Witterungssituationen durchgeführt. Die Klimadaten während des ersten Versuchsdurchgangs zeigten sehr geringe Niederschlagsmengen und –häufigkeiten sowie geringe Temperaturschwankungen (Abb. 44). Demnach waren die Bedingungen für eine Sporulation und Ausbreitung des Erregers *P. lepidii* im ersten Durchgang ungünstig.



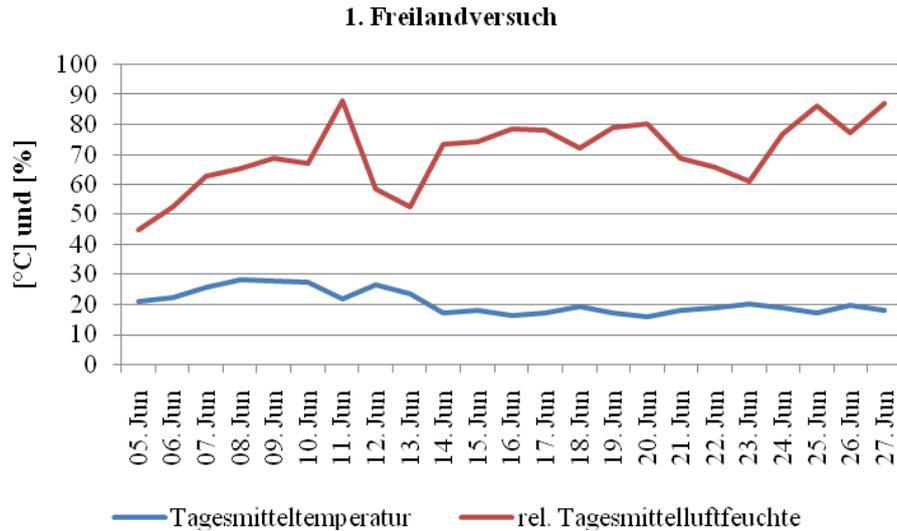
**Abb. 44:** Witterungsbedingungen während des ersten Feld-Grow-Out Tests von Kresse; Niederschlag (mm), Luftfeuchte (%), Temperatur in 2 m Höhe, 2014

Deutlich andere Witterungsbedingungen herrschten zum 2. Feld-Grow-Out Test. Der Versuchszeitraum war geprägt von starken Niederschlägen, hohen Temperaturschwankungen und sehr wechselnden Luftfeuchtegehalten, die insgesamt günstige Bedingungen für den Erreger *P. lepidii* boten (Abb. 45).



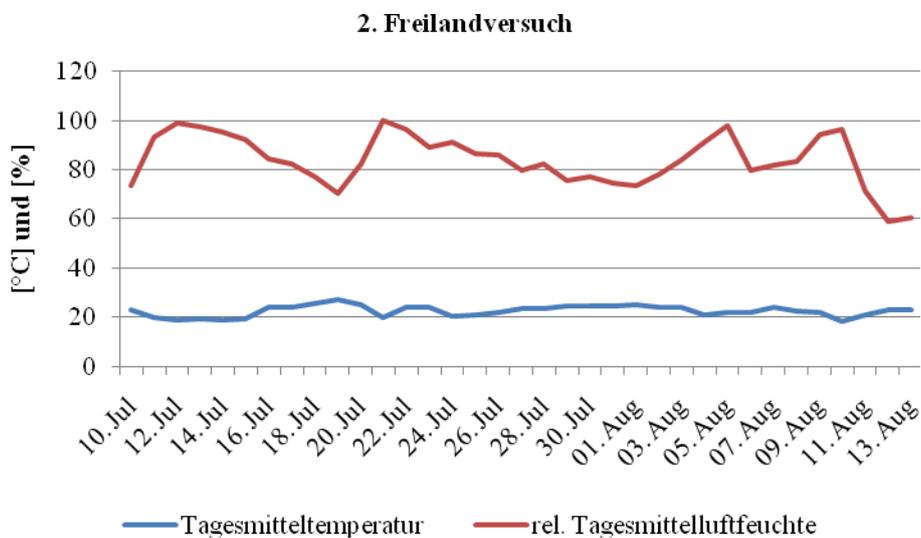
**Abb. 45:** Witterungsbedingungen während des zweiten Feld-Grow-Out Tests von Kresse; Niederschlag (mm), Luftfeuchte (%), Temperatur in 2 m Höhe, 2014

Im Bestand wurden zu beiden Versuchsdurchgängen zusätzlich die bodennahe Temperatur und die rLF mit Tinytag-Sensoren gemessen, die auf der Hälfte der Pflanzhöhe angebracht waren (Abb. 46). Diese spiegeln die ausgeglichenen Temperaturen im Zeitraum Juni wieder, zeigen aber höhere Gehalte an rLF, die oftmals über 70 % lag.



**Abb. 46:** Bestandesklima (Temperatur °C und rel. Luftfeuchte %) während des 1. Feld-Grow-Out Tests von Kresse, 05.- 27.6.14, gemessen mit Tinytag-Sensoren

Im 2. Durchgang konnte ebenfalls im Bestand eine deutlich höhere rLF gemessen werden als außerhalb des Versuches an der Wetterstation (Abb. 47).



**Abb. 47:** Bestandesklima (Temperatur °C und rel. Luftfeuchte %) während des 2. Feld-Grow-Out Tests von Kresse, 10.07.-13.8.14, gemessen mit Tinytag-Sensoren

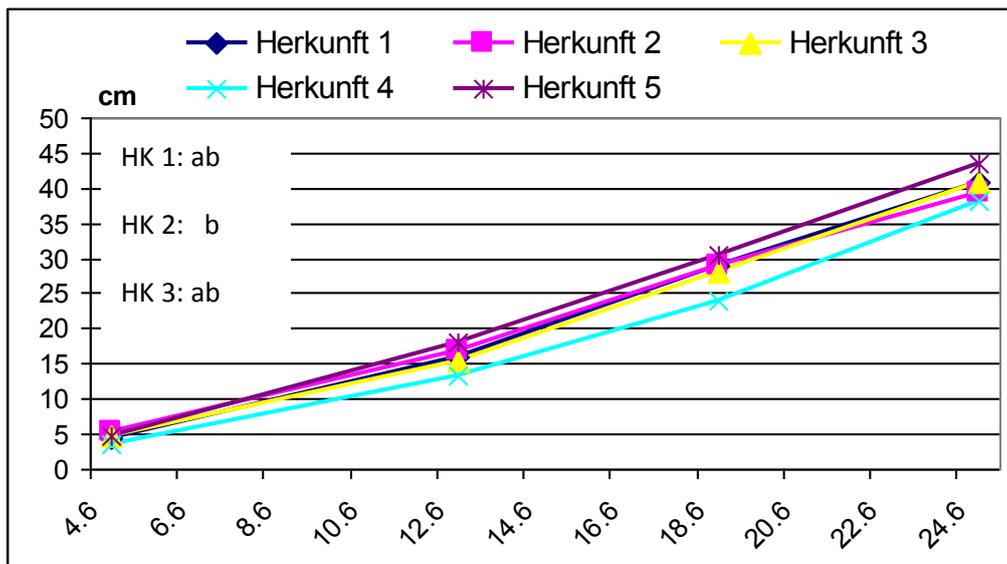
## Pflanzenentwicklung

Bei der Auszählung der Pflanzenzahl/m<sup>2</sup> in den Versuchspartellen zeigte lediglich die Herkunft 4 eine geringere Pflanzenzahl in beiden Versuchsdurchgängen (Tab. 44). Bei der Vermessung der Pflanzenhöhe kam es in beiden Versuchsdurchgängen zu

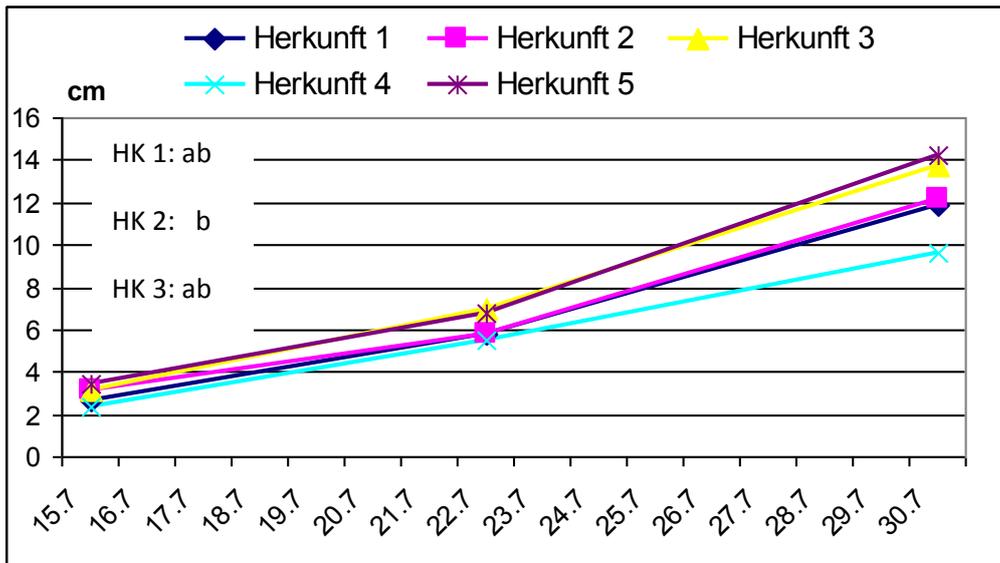
keinen deutlichen Unterschieden zwischen den geprüften Herkünften (Abb. 48 & Abb. 49).

**Tab. 44:** Mittlere Pflanzenzahl/m<sup>2</sup> im Feld-Grow-Out Test von Kresse im 1. Durchgang am 26.05.14 (12 Tage nach Saat) und am 15.07.12 im 2. Durchgang (13 Tage nach Saat). Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey p<0,05

Herkunft	Durchgang 1	Durchgang 2
1	156 b	203 c
2	163 b	158 abc
3	130 ab	146 ab
4	92 a	110 a
5	142 b	170 bc



**Abb. 48:** Mittlere Pflanzenhöhe (cm) im Feld-Grow-Out-Test von Kresse im 1. Durchgang. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zum 1. Boniturtermin, Tukey p<0,05; weitere Boniturtermine nicht signifikant



**Abb. 49:** Mittlere Pflanzenhöhe (cm) im Feld-Grow-Out Test von Kresse im 2. Durchgang. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zum 1. Boniturtermin, Tukey  $p < 0,05$ ; weitere Boniturtermine nicht signifikant

### Befallsbonitur

Im Vordergrund des Feld-Grow-Out Tests stand die Beobachtung der Primärinfektion des Erregers *P. lepidii*. Die Bonituren der typischen Schadsymptome von *P. lepidii* (beschrieben unter 3.1.) wurden an 9 Terminen im 1. Durchgang und an 8 Terminen im 2. Durchgang durchgeführt (Tab. 45).

Besonders auffällig waren in diesem Feld-Grow-Out stark gestauchte und verdrehte Pflanzen (Abb. 50), die im 1. Durchgang erstmalig bei Herkunft 5 am 18.6. (= 5 Wochen nach Saat), verstärkt zur Abschlußbonitur ermittelt werden konnten und im 2. Durchgang ebenfalls deutlich massiver auftraten.



**Abb. 50:** Kressenpflanze mit auffallend gedrehtem Wuchs, Abschlußbonitur Feld-Grow-Out Test, 1. Durchgang

**Tab. 45:** Aussaat- und Befallsboniturtermine im Durchgang 1 und 2 des Feld-Grow-Outs bei Kresse sowie Pflanzenentwicklungsstadien nach BBCH-Code\*, 2014

	Durchgang 1	BBCH	Durchgang 2	BBCH
<b>Aussaat</b>	14.5.14		2.7.14	
<b>Bonitur 1</b>	4.06.14	13	15.7.14	10-11
<b>Bonitur 2</b>	11.06.14	33-41	17.7.14	
<b>Bonitur 3</b>	12.6.14		22.7.14	12-15
<b>Bonitur 4</b>	15.6.14		25.7.14	
<b>Bonitur 5</b>	18.6.14	48-53	27.7.14	
<b>Bonitur 6</b>	20.6.14		30.7.14	22-44
<b>Bonitur 7</b>	22.6.14	57-61	3.8.14	
<b>Bonitur 8</b>	24.6.14			
<b>Abschlußbonitur</b>	27.06.14	63	14.8.14	49

\* BBCH-Code: Makrostadium 10-19: Blattentwicklung, 20-29: Bestockung, 30-39: Schossen, 40-49 Entwicklung Blütentrieb, 50-59: Entfaltung Blütentrieb, 60-69: Blüte

Der 1. Versuch wurde – ohne Auftreten einer sporulierenden Pflanze - abgebrochen, als im benachbarten Kresseversuch am 25.6.14 eine Kressepflanze mit eindeutigen Befall von *P. lepidii* (deutlich sichtbarer Sporenrasen) bonitiert wurde und eine Sekundärinfektion nicht mehr ausgeschlossen werden konnte. Die Klassifizierung sämtlicher Kressepflanzen des Feld-Grow-Outs in Pflanzen mit und ohne Schadsymptome wurde zur Abschlussbonitur am 27.6.14 vorgenommen. Der Anteil Pflanzen mit den einzigen sichtbaren Schadsymptomen, gestaucht, deformiert oder beides, lag im Durchgang 1 zwischen 2,2 (Herkunft 2, Marold) und 7,0 % (Herkunft 4, konventionell) der Gesamtpflanzenzahl. Auffälligstes Schadsymptom waren gedrehte und deformierte Pflanzen.



Kressepflanze mit auffallend gestauchtem Blütentrieb, Abschlußbonitur Feld-Grow-Out Test, 1. Durchgang 1

**Tab. 46:** Befallsbonitur zum Versuchsabschluss, 1. Durchgang, Kresse Feld-Grow-Out. \*Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey  $p < 0,05$

Variante	Wiederholung	Pflanzenanzahl gesamt	auffällige Pflanzen (gedreht, gestaucht oder beides)	Mittlerer Anteil (in %) Pflanzen mit Schadsymptomen *
1	1	262	3	
	2	507	24	3,1 a
	3	556	19	
2	1	605	2	
	2	346	9	2,2 a
	3	642	24	
3	1	722	59	
	2	468	16	4,9 a
	3	606	19	
4	1	621	20	
	2	269	41	7,6 a
	3	384	17	
5	1	364	27	
	2	533	5	4,0 a
	3	772	28	

Diese Schadsymptome wurden auch bei den Herkünften 1 (Bienert, behandelt) und 3 (Abtei Maria Frieden) gefunden, bei denen der Saatgutnachweis von *P. lepidii* negativ war. Der geringste Anteil an Pflanzen mit Schadsymptomen war in Herkunft 2

(Marold), die nachweislich mit *P. lepidii* infiziert war. Aus jeder Klasse (ohne Symptome, mit Verdrehungen, gestaucht) wurde je eine Pflanze mittels PCR auf den Schaderreger untersucht. Das Ergebnis war in allen drei Fällen negativ, *P. lepidii* konnte nicht nachgewiesen werden, so dass davon ausgegangen werden muss, dass die Schadsymptome von einem anderen Erreger verursacht wurden. Für den 1. Durchgang des Feld-Grow-Out Tests konnte demnach in keiner Herkunft auf dem Feld eine Infektion des Erregers nachgewiesen werden.

Auf der Suche nach dem Verursacher der Schadsymptome wurden alle Saatgutherkünfte des Feld-Grow-Out Tests mittels PCR auf den Schaderreger *A. lepidii* untersucht. Dieser konnte sowohl im Saatgut der Herkünfte 1 und 5 (Bienert, behandelt und unbehandelt), Herkunft 3 (Abtei Maria Frieden) und in den Pflanzenproben mit den Symptomen „Gestaucht“ und „Verdreht“ nachgewiesen werden (Tab.47). Das könnte ein Hinweis auf eine Infektion mit *A. lepidii* sein und auf Schadsymptome, die bei primärem oder sehr frühem Befall den Symptomen von *P. lepidii* sehr ähneln. Starker Befall mit Erdflöhen kurz nach dem Feldaufgang der Kresse, könnte zur Verbreitung des Schaderregers geführt haben, möglicherweise aber auch die Verbreitung über Niederschlag.

**Tab. 47:** PCR-Untersuchung der Saatgutherkünfte und Pflanzenproben, 1. Durchgang, Kresse Feld-Grow-Out Test, 2014

Herkunft	PCR Nachweis <i>P. lepidii</i>	PCR Nachweis <i>A. lepidii</i>
<b>Saatgutuntersuchungen</b>		
1. Herkunft Bienert, behandelt	negativ	positiv
2. Herkunft Marold	positiv	negativ
3. Herkunft Abtei Maria Frieden	negativ	positiv
4. Herkunft konventionell	positiv	negativ
5. Herkunft Bienert, unbehandelt	negativ	positiv
<b>Pflanzenuntersuchungen</b>		
Ohne Symptome	negativ	negativ
Starke Verdrehungen	negativ	positiv
Starke Stauchung Blütentrieb	negativ	positiv

In dem 2. Durchgang des Feld-Grow-Out Tests, auf ebenfalls unbelasteter Fläche, allerdings unter Hochsommerbedingungen angelegt, zeigte sich bereits drei Wochen nach Saat (frühes Stadium der Blattrosettenentwicklung), in der Herkunft 2 (Marold), eine Ansammlung von weißlichen Sporen blattunterseits, der *Albugo* sp. zugeordnet werden konnte. Ebenfalls zu diesem Zeitpunkt (21.7.14) wurden in allen Herkünften und allen Parzellen wieder leicht gedrehte Pflanzen beobachtet. Von jeder Herkunft wurde eine Pflanze mit weißem Belag aber ohne sonstige Symptome entnommen

und mittels qPCR auf die Zielsequenz *P. lepidii* untersucht (Tab. 49, Probenreihe I). Bei keiner Pflanze konnte *P. lepidii* nachgewiesen werden.

Die erste Pflanze mit typischen Symptomen von *P. lepidii* trat am 25.07.2014, 3,5 Wochen nach der Aussaat auf (BBCH-Code 30 = Schossen) in Herkunft 5, Wiederholung I auf. Die Pflanze zeigte leichte Verdrehungen sowie eine starke Stauchung der Blätter und unterschied sich deutlich von den anderen Pflanzen. Diese Pflanze und eine visuell befallsfreie Pflanze aus jeder Parzelle wurden mittels qPCR auf *P. lepidii* und *A. lepidii* untersucht (Tab.49, Probenreihe II). Diese erste Pflanze mit Schadsymptomen aus Herkunft 5 wurde mittels qPCR auf *A. lepidii* untersucht und der Erreger deutlich positiv nachgewiesen, während für die befallsfreie Pflanze weder *A. lepidii* noch *P. lepidii* ermittelt wurde (Tab. 49, Probenreihe IV).

In allen Parzellen zeigte sich über alle Herkünfte hinweg ein zunehmender Befall mit *Albugo* sp. mit deutlich zunehmende Verdrehungen und Stauchungen und weißen Pusteln. Dieser Versuchszeitraum war von starken Niederschlägen geprägt. Es konnten jedoch keine Pflanzen mit einem sporulierenden Befall von *P. lepidii* gefunden werden. Am 14.8. fand eine Abschlußbonitur nach dem Schema des 1. Durchgangs statt: Alle Pflanzen wurden einzeln auf Sporen untersucht und klassifiziert nach: „ohne Schadsymptome“, „Stauchungen“, „Verdrehungen“ (Tab. 48). Der Anteil an Pflanzen mit Schadsymptomen war deutlich höher als im 1. Durchgang und in allen Herkünften ähnlich hoch (geringster Anteil mit 11,7 % in Herkunft 4, konventionell und höchster Anteil mit 21,1 % in Herkunft 5, Bienert unbehandelt). Für die PCR-Untersuchung wurden wieder auffällige und nicht auffällige Pflanzen aus jeder Parzelle entnommen und auf die Zielsequenz *P. lepidii* untersucht (Tab. 49, Probenreihe III). Lediglich ein Probenpaar wurde mittels qPCR auf *A. lepidii* untersucht und zeigte bei Befallssymptomen in der qPCR ein Vorhandensein von *A. lepidii* (Tab. 49).

**Tab. 48:** Befallsbonitur zum Versuchsabschluß, 2. Durchgang, Kresse Feld-Grow-Out. \*Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey  $p < 0,05$

Variante	Wiederholung	Pflanzen gesamt	auffällige Pflanzen (gedreht, gestaucht oder beides)	Mittlerer Anteil (in %) Pflanzen mit Schadsymptomen *
1	1	398	47	
	2	573	144	18,7 a
	3	513	98	
2	1	361	88	
	2	469	60	19,4 a
	3	515	109	

3	1	377	89	
	2	544	99	17,9 a
	3	432	52	
4	1	320	53	
	2	397	40	11,7 a
	3	395	34	
5	1	582	140	
	2	497	106	21,1 a
	3	512	91	

Die PCR-basierte Untersuchung der Pflanzenproben zeigte in der 1. Probenreihe keinen Befall mit *P. lepidii*. In der 2. Probenreihe gab es in allen Herkunftstypen bei den Pflanzen mit und ohne Schadsymptomen keinen Nachweis von *P. lepidii*, bis auf eine Pflanze mit Schadsymptomen und Sporulation in Herkunft 5 (Bienert, unbehandelt) mit positivem Erregernachweis. In der 3. Probenreihe konnte an der Herkunft 1 (Bienert, behandelt) und Herkunft 3 (Abtei Maria Frieden) keinerlei DNA von *P. lepidii* nachgewiesen werden, weder an den Pflanzen mit Schadsymptomen, noch an Pflanzen ohne diese. Damit waren diese beiden Herkunftstypen die einzigen, an denen weder am Saatgut noch an Pflanzenproben *P. lepidii* nachgewiesen werden konnte. Alle anderen Herkunftstypen erbrachten positive wie negative Befunde, wobei positive Befunde auch an Pflanzen ohne Schadsymptome gefunden wurden. Dies spricht deutlich für ein latentes Vorhandensein des Erregers in der Pflanze, ohne Ausbildung von Schadsymptomen.

Im Nachgang des Feldversuches wurden von der Herkunft 1 (Bienert, behandelt) im Gewächshaus 12 Einzelpflanzen ausgesät, um an vermeintlich befallsfreien Pflanzen, erregerefreies Saatgut zu produzieren. Allerdings konnte via qPCR im Schosserstadium in 4 Pflanzen der Erreger *P. lepidii* nachgewiesen werden. Insofern kann auch die Herkunft 1 nicht als komplett frei von *P. lepidii* bezeichnet werden. Zudem muss der Probenumfang bei der Untersuchung des Eingangssaatgutes überdacht werden.

**Tab. 49:** qPCR-Untersuchung von Pflanzenproben aus dem 2. Durchgang, Kresse Feld-Grow-Out Test, 2014

<b>Herkunft</b>	<b>PCR Nachweis <i>Perofascia lepidii</i></b>	
Probenreihe I		
Herkunft 1 Bienert, behandelt	negativ	
Herkunft 2 Marold	negativ	
Herkunft 3 Abtei Maria Frieden	negativ	
Herkunft 4 konventionell	negativ	
Herkunft 5 Bienert, unbehandelt	negativ	
<b>Probenreihe II</b>	<b>Pflanze mit Schadsymptomen</b>	<b>Pflanze ohne Schadsymptome</b>
Herkunft 1 Bienert, behandelt Wdh I	negativ	negativ
Wdh II	negativ	negativ
Wdh III	negativ	negativ
Herkunft 2 Marold, Wdh I	negativ	negativ
Wdh II	negativ	negativ
Wdh III	negativ	negativ
Herkunft 3 Abtei Maria Frieden Wdh I	negativ	negativ
Wdh II	negativ	negativ
Wdh III	negativ	negativ
Herkunft 4 konventionell Wdh I	negativ	negativ
Wdh II	negativ	negativ
Wdh III	negativ	negativ
Herkunft 5 Bienert, unbehandelt Wdh I	negativ	negativ
Wdh II	negativ	negativ
Wdh III	negativ	positiv
<b>Probenreihe III</b>	<b>Pflanze mit Schadsymptomen</b>	<b>Pflanze ohne Schadsymptome</b>
Herkunft 1 Bienert, behandelt Wdh I	negativ	negativ
Wdh II	negativ	negativ
Wdh III	negativ	negativ
Herkunft 2 Marold, Wdh I	negativ	positiv
Wdh II	positiv	negativ
Wdh III	positiv	positiv

<b>Herkunft</b>	<b>PCR Nachweis <i>Perofascia lepidii</i></b>	
Herkunft 3 Abtei Maria Frieden Wdh I	negativ	negativ
Wdh II	negativ	negativ
Wdh III	negativ	negativ
Herkunft 4 konventionell Wdh I	positiv	negativ
Wdh II	negativ	negativ
Wdh III	positiv	negativ
Herkunft 5 Bienert, unbehandelt Wdh I	negativ	positiv
Wdh II	negativ	negativ
Wdh III	positiv	positiv
<b>Probenreihe IV</b>	<b>PCR Nachweis <i>Albugo lepidii</i></b>	
	<b>Pflanze mit Schadsymptomen</b>	<b>Pflanze ohne Schadsymptome</b>
Herkunft 1 Bienert, behandelt Wdh I	Positiv	negativ

#### **4. 1. 7 Einsatz von Pflanzenschutz- und pflanzenstärkenden Mitteln**

##### **Witterung**

Da die Versuche im Freiland 2014 parallel mit dem Grow-Out Test durchgeführt wurden, können die Witterungsdaten im Kapitel 4.1.2 genutzt werden.

##### **Pflanzenentwicklung**

In allen Versuchen wurden Effekte der Saatgut- oder Spritzbehandlung auf die Keimfähigkeit bzw. den Feldaufgang, die Pflanzenhöhe und –entwicklung erfasst, um mögliche phytotoxische Reaktionen der Kresse auf die Prüfmittel zu beschreiben. Pflanzenschäden wurden zudem bei der Befallsbonitur mit ermittelt. In den Gefäßversuchen wurde bei den Saatgutbehandlungen die Keimfähigkeit ausgezählt. Im 1. Versuch in nicht infiziertem Boden fiel die deutlich geringere Keimfähigkeit in allen Varianten im Vergleich zur Ausgangstestung der Keimfähigkeit auf Filterpapier (82,3 %) auf (Tab. 50). Die höchste Keimfähigkeit erreichte die skarifizierte Variante VitoVin. Im Vergleich zur Kontrolle wurden keine keimhemmenden Reaktionen durch die geprüften Behandlungen deutlich.

**Tab. 50:** Keimfähigkeit (KF) der behandelten Kressevarianten, Versuch 1: Saatgutbehandlung in nicht infiziertem Substrat, Gefäßversuch im Gewächshaus. 7 Tage nach der Aussaat. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey  $p < 0,05$

Variante	KF %	
Kontrolle	54,2	ab
Skarifiziert + Kontrolle	29,2	a
10 Minuten in Wasser vorgequollen	41,7	ab
Skarifiziert + 10 Minuten in Wasser vorgequollen	62,5	ab
Tillecur	50,0	ab
Skarifiziert + Tillecur	54,2	ab
VitoVin	70,8	ab
skarifiziert + VitoVin	79,2	b
Natural Green	58,3	ab
skarifiziert + Natural Green	45,8	ab

Im zweiten Gefäßversuch lag die Keimfähigkeit deutlich höher als im 1. Versuch. Eine Erhöhung der Keimfähigkeit durch Skarifikation, Vorquellen oder durch Kombination beider Verfahren mit den Prüfmitteln Natural Green und VitoVin konnte nicht eindeutig nachgewiesen werden. Eine deutliche Reduktion der Keimfähigkeit bewirkte die Behandlung mit Tillecur in Kombination mit Wasser. Möglicherweise zeigte sich hier der „biofumigation-ähnliche Effekt“ der Gelbsenfmehle.

Durch die Behandlung des Saatgutes mit VitoVin für die Feldaussaat konnte keine deutliche Verbesserung des Feldaufgangs erreicht werden (Tab. 51). Insgesamt konnten bis auf die Saatgutbehandlung mit Tillecur weder deutlich negative, noch positive Reaktionen der Saatgutbehandlungen festgestellt werden.

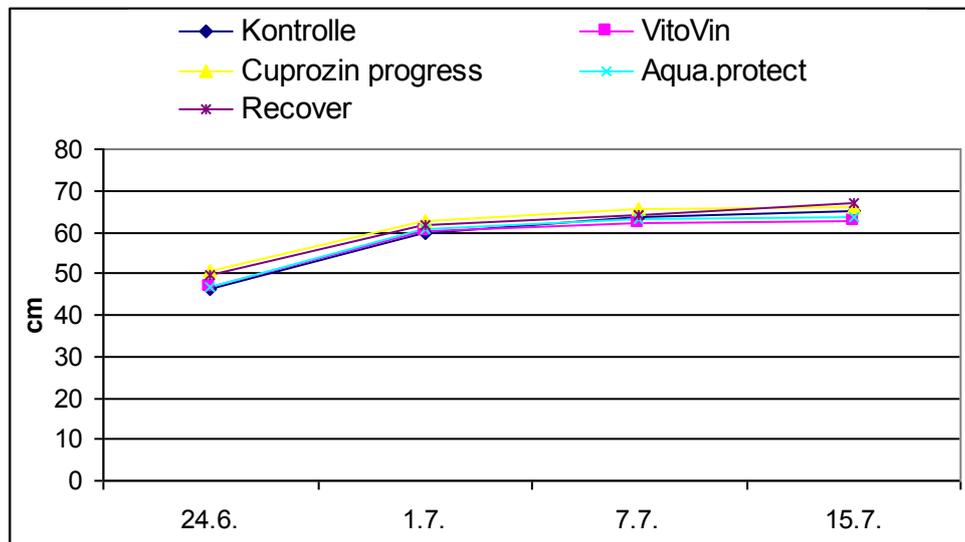
**Tab. 51:** Feldaufgang von Kresse im Freilandversuch, 13 Tage nach Saat, keine signifikanten Unterschiede, Tukey  $p < 0,05$

Variante	KF %
Kontrolle	62,1
Saatgutbehandlung VitoVin	56,6

**Tab. 52:** Keimfähigkeit der behandelten Kressevarianten, Versuch 2: Saatgutbehandlung in infiziertem Substrat, Gefäßversuch im Gewächshaus. 7 Tage nach der Aussaat. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey  $p < 0,05$

Variante	KF %	
Kontrolle	85	b
skarifiziert + Kontrolle	80	b
Skarifiziert + vorgequollen + Kontrolle	90	b
10 min in Wasser vorgequollen	80	b
skarifiziert + Wasser (10min)	95	b
skarifiziert + vorgequollen + 10 min in Wasser	85	b
Tillecur	70	b
skarifiziert + Tillecur	90	b
vorgequollen + Tillecur	0	a
skarifiziert + vorgequollen + Tillecur	5	a
VitoVin	85	b
skarifiziert + VitoVin	90	b
vorgequollen + VitoVin	75	b
skarifiziert + vorgequollen + VitoVin	90	b
Natural Green	95	b
skarifiziert + Natural Green	85	b
vorgequollen + Natural Green	85	b
skarifiziert + vorgequollen + Natural Green	85	b

Ein Effekt der Saatgutbehandlungen auf die Pflanzenentwicklung, konnte ebenfalls nicht nachgewiesen werden. Beispielhaft ist in Abb. 51 die Pflanzenhöhe des Freilandversuches dargestellt.



**Abb. 51:** Mittlere Pflanzenhöhe (cm) der Gartenkresse im Freilandversuch zu den letzten vier Boniturterminen, 2014, keine signifikanten Unterschiede, Tukey  $p < 0,05$

## Befallsbonitur

Für Versuch 1 (Saatgutbehandlung, Gefäßversuch im Gewächshaus in nicht infiziertem Boden) konnte anhand der wöchentlichen Schaderregerbonituren keine Aussage zur Wirksamkeit der Prüfmittel getroffen werden, da während des gesamten Versuchsverlaufes keine typischen Symptome von *P. lepidii* auftraten. Trotz PCR-Nachweis des Erregers am Saatgut, kam es zu keinem wahrnehmbaren Befall, möglicherweise aufgrund des trockenen Gewächshausklimas und/oder der Anstaubbewässerung, die für trockene Pflanzen sorgte. Ein ähnliches Bild ergab sich für den 2. Versuch, in dem mit infiziertem Boden gearbeitet wurde, um den Infektionsdruck zu erhöhen. Lediglich eine Pflanze in der Variante „Skarifiziert + Natural Green“ zeigte deutliche Befallssymptome. Die Kontrolle und alle anderen Varianten blieben befallsfrei bzw. ohne Symptome.

In Versuch 3 (Spritzebehandlung, Gefäßversuch im Gewächshaus in infiziertem und nicht infiziertem Boden) kam es zu einer befallenen Pflanze, aus welcher der Erreger auswuchs und deutlich ein weißer Sporenrasen sichtbar war (Abb. 52). Diese Pflanze war in nicht-infiziertem Boden in der Cuprozin-Behandlung. In diesem Fall ist von einer Saatgutübertragung des Erregers auszugehen. Alle anderen Pflanzen blieben ohne Symptome, so dass wieder keine Aussage zur Wirksamkeit der Mittel getroffen werden konnte.



**Abb. 52:** Sporenbelag von *Perofascia lepidii* an Gartenkresse

In Versuch 4 (Spritzebehandlung, Gefäßversuch im Gewächshaus in infiziertem Boden) kam es wieder zu keinen sichtbaren Befallssymptomen an den Pflanzen und damit zu keiner Wirksamkeitsbeurteilung der Mittel. Zum Ende dieses Versuches wurden alle Pflanzen per PCR auf die Detektion des von *P. lepidii* untersucht. An den untersuchten Pflanzen in der Kontrolle konnte *P. lepidii* nicht nachgewiesen werden,

während in der Variante Cuprozin progress alle Pflanzen latent befallen waren (Tab. 53). Demnach spiegelt das Ergebnis eher den Kontaminationsgrad des Saatgutes und eine Infektion des Bodens wieder und liefert keine Aussage über die Wirksamkeit der Mittel.

**Tab. 53:** qPCR gestützter Nachweis von *Perofascia lepidii*, Kressebehandlungsversuch 4

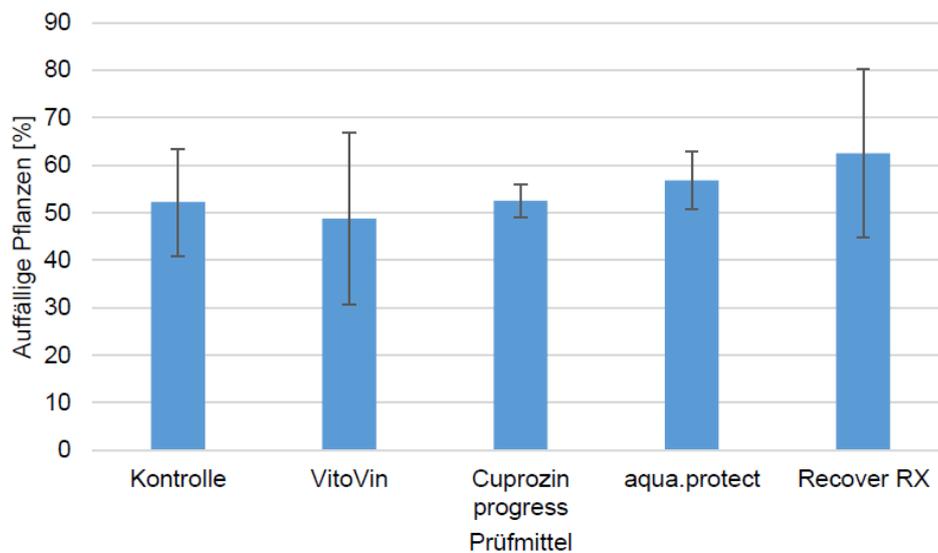
Variante	Wiederholung			
	I	II	III	IV
Kontrolle	negativ	negativ	negativ	negativ
Wasser	positiv	positiv	negativ	negativ
Kendal TE	negativ	negativ	positiv	negativ
VitoVin	negativ	negativ	positiv	positiv
Aqua.protect	negativ	positiv	positiv	positiv
Cuprozin progress	positiv	positiv	positiv	positiv
FZB 24	negativ	positiv	negativ	positiv
Knoblauchsud	negativ	positiv	negativ	positiv

Der Freilandversuch ermöglichte ebenfalls keine Aussage zur Wirksamkeit der Mittel gegen den Schaderreger *P. lepidii*. Ein nachweislicher Befall mit *P. lepidii* trat nur an einer Pflanze aus der Variante Aqua.protect auf. Sowohl die Kontrolle, als auch die anderen Varianten zeigten zwar typische Symptome von Falschem Mehltau (Verdrehungen, Stauchungen). Diese konnten jedoch aufgrund des zeitweise starken Befalls mit *A. lepidii* nicht eindeutig einem der beiden Erreger zugeordnet werden. Da jedoch keines der Prüfmittel eine selektive Wirkung gegen *P. lepidii* besitzt, hätten bei einer Wirksamkeit eines Mittels auch Effekte auf *A. lepidii* sichtbar werden müssen. Auch hier konnten keine eindeutigen Aussagen getroffen werden Tab. 54 zeigt das Auftreten von Befallssymptomen in den einzelnen Variante und Wiederholungen während des Versuchsverlaufes und Abb. 53 gibt die mittlere Anzahl Pflanzen pro Variante mit typischen Befallssymptomen von *P. lepidii* und *A. lepidii* wieder. Es konnten keine statistisch absicherbaren Unterschiede ermittelt werden (Tukey  $p < 0,05$ ).

**Tab. 54:** Freilandversuch 2014, Einsatz verschiedener Pflanzenschutz- und pflanzenstärkenden Mitteln

Variante	Wdh	Boniturtermin			
		24.6.14	1.7.14	7.7.14	15.7.14
Kontrolle	I				
	II			Boniturnote 5	Boniturnote 8
	III		Boniturnote 4	Boniturnote 4	Boniturnote 4
	IV				

<b>VitoVin</b>	I		Boniturnote 4	Boniturnote 4	Boniturnote 4
	II			Boniturnote 4	Boniturnote 4
	III			Boniturnote 4	Boniturnote 5
	IV				
<b>Cuprozin progress</b>	I				
	II				
	III				
	IV				
<b>Aqua.protect</b>	I				
	II	Boniturnote 9			
	III			Boniturnote 3	Boniturnote 3
	IV				
<b>Recover</b>	I				
	II		Boniturnote 4	Boniturnote 4	Boniturnote 4
	III				
	IV				



**Abb. 53:** Mittlerer prozentualer Anteil an Pflanzen mit deutlich auffälligen Krankheitssymptomen (Deformationen und Stauchungen) zur Abschlußbonitur, keine signifikanten Unterschiede (Tukey  $p < 0,05$ ), dargestellt ist die Standardabweichung

## 4. 2 Ergebnisse des Teil-Projekts JLU Gießen

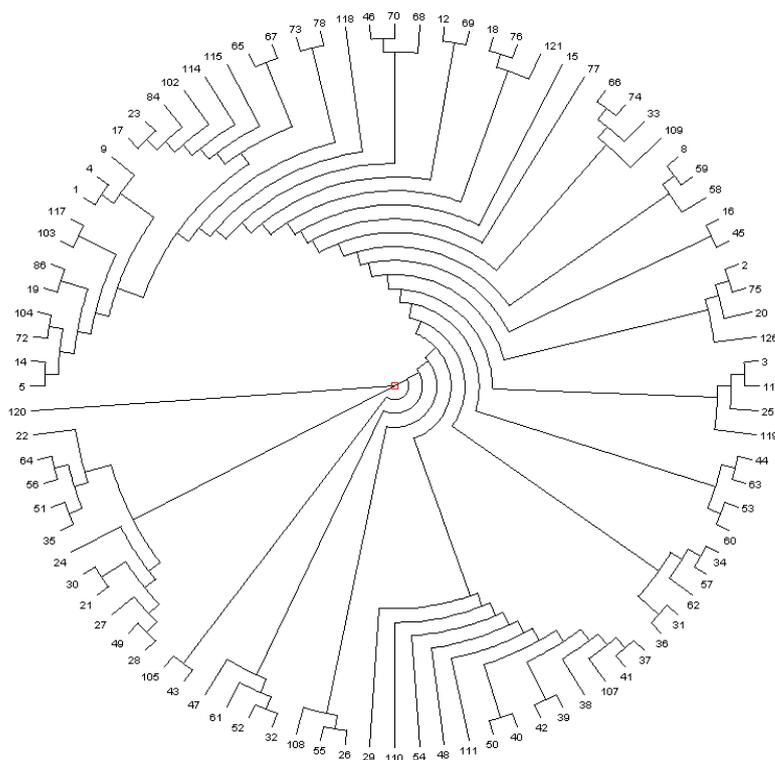
### 4. 2. 1 Evaluierung und Verwandtschaftsanalyse von Genbank-Akzessionen der Gartenkresse (*Lepidium sativum* L.)

Die insgesamt 93 Akzessionen können auf Grund phänotypischer Merkmale in folgende Varietäten unterteilt werden:

1. 37 Akzessionen: *Lepidium sativum* ssp. *sativum*, kleinere Blätter (glattrandig),
2. 39 Akzessionen: *Lepidium sativum* ssp. *latifolium*, größere Blätter (glattrandig),
3. 6 Akzessionen: *Lepidium sativum* ssp. *crispum*, krause Blattform.

Insgesamt 11 der 93 Akzessionen konnten keiner der vorgenannten Varietäten zugeordnet werden.

Mit den Akzessionen wurde eine PCR-Analyse (AFLP) auf Polyacrylamid-Gelen durchgeführt. Eine der 93 Proben erwies sich als nicht polymorph und konnte somit nicht in die Auswertung einbezogen werden. Somit wurden insgesamt 92 Akzessionen ausgewertet.



**Abb. 54:** Ergebnisse der genetischen Verwandtschaftsanalyse mittels AFLP (Amplified Fragment-Length Polymorphism) von 92 Kresse-Akzessionen (*Lepidium sativum* L.) aus der Genbank des IPK Gatersleben

Die Abb. 54 zeigt ein aus den Daten ermitteltes zirkuläres Kladogramm (ohne Bootstrap), das die Verwandtschaftsverhältnisse der 92 Gartenkresse-Akzessionen darstellt. Es konnten vier größere Cluster und zahlreiche kleine Cluster der Verwandtschaftsbeziehungen identifiziert werden (Abb. 54). Die Ergebnisse verdeutlichen die genetische Heterogenität innerhalb des Genbank-Sortiments der Gartenkresse.

Während der Anzucht der Pflanzen unter Freilandbedingungen (in Gefäßen mit Pflanzerde, keine künstliche Infektion) konnten an der Kresse keine Krankheitssymptome beobachtet werden.

## **4.2.2 Ergebnisse der Keimungsversuche**

### **4.2.2.1 Einfluss der Temperatur und des Substrates auf die Keimfähigkeit**

Der **Keimungsverlauf** (Zeitdauer der Keimung) der Kresse-Samen wurde erwartungsgemäß von der Lufttemperatur beeinflusst. Bei einer Temperatur von 15 und 20 °C war die Keimung nach 21 Tagen abgeschlossen. Bei einer geringeren Temperatur von 10 °C dauerte die Keimung der Kresse-Samen dagegen insgesamt 30 Tage und bei einer sehr niedrigen Temperatur von 5 °C erstreckte sich die Keimung über eine Zeitphase von 44 Tagen. Auf die **Keimfähigkeit** der Samen (relativer Anteil der gekeimten Samen) hatte die Temperatur dagegen nur einen geringfügigen Einfluss. Im Mittel der Substratvarianten waren bei einer Keimtemperatur von 20 °C, 15 °C und 10 °C hohe Keimungsraten von > 90 % (92,7 %, 94,2 % und 93 %) festzustellen. Bei einer Keimungstemperatur von 5 °C verminderte sich die Keimungsrate dagegen auf einen Wert von 87 % der Samen, was immer noch einer relativ guten Keimfähigkeit entspricht.

Mit einem zweiten Prüffaktor wurde der Einfluss des **Substrates** auf die Keimfähigkeit der Kresse-Samen geprüft. Es wurde festgestellt, dass auf Rundfilterpapier die beste Keimfähigkeit der Kresse-Samen erreicht wurde, die bei allen Temperaturen bei 100 % lag. Im Ziegelgrus lag die Keimfähigkeit der Kresse-Samen im Mittel bei 93 % (20°C = 92,7%, 15°C = 94,2%, 10°C = 93 % und 5°C = 93%). Im Substrat Sand lag die Keimfähigkeit der Gartenkresse dagegen im Mittel bei 84 % (20°C = 85%, 15°C = 87,5%, 10°C = 87,5% und 5°C = 74,5%).

Insgesamt kann geschlussfolgert werden, dass Gartenkresse während der Samen-Keimung eine relativ gute Kältetoleranz aufweist und auch bei Temperaturen von 5 °C recht hohe Keimungsraten erreichen kann. Bei flacher Ablage und guter Belüftung des Bodens bzw. der Substrate (Rundfilterpapier, Ziegelgrus) sind die Keimungsraten höher als bei verschlammten und mit Wasser gesättigten Substraten. Die Keimfähigkeit des im Vorjahr von der Bingenheimer Saatgut AG bezogenen Saatguts, Einfache und Großblättrige Kresse, wurde nach einjähriger Lagerung

(dunkel, Lufttemperatur: 20° C) im März 2013 erneut überprüft (Labortest, Petrischale mit Filterpapier). Es wurde festgestellt, dass die Keimfähigkeit der Kresse-Samen im Vergleich zum Vorjahr nur um 2% abgenommen hat. Die Keimfähigkeitswerte der Partie G 250 Einfache Kresse (50840/12) betrug Anfang 2012 im Mittel 94% und im März 2013 lag der Wert bei 92,5%. Die Samen der Partei G 251 Großblättrige Kresse (50945712) wiesen eine Keimfähigkeit von 98 % (2012) bzw. von 96 % (2013) auf.

#### 4.2.2.2 Einfluss der Wasserdampf-Behandlung (WD) auf die Keimfähigkeit

Im Jahr 2014 wurde der Einfluss höherer Temperatur des Wasserdampfes als auch einer längeren zeitlichen Dauer der Wasserdampfbehandlung (Sativa Rheinau AG) auf die Keimfähigkeit der Kresse-Samen überprüft. Eine Verstärkung der Behandlung (Dauer und/oder höhere Temperatur) führte zu einer deutlichen Minderung der Keimfähigkeit der Samen der Gartenkresse (Tab. 55). Eine Behandlungstemperatur von 70 °C wurde bei einer Behandlungsdauer von 60 sec (89,5 % KF) von den Kressesamen toleriert. Die TKM-Werte wurden durch die Wasserdampfbehandlung nicht beeinflusst.

**Tab. 55:** Keimfähigkeit und Tausendkornmasse (TKM) in Abhängigkeit der Stärke der Wasserdampfbehandlung

Nr.	Temperatur der WD-Behandlung	Zeitdauer der WD-Behandlung	Keimfähigkeit (%)	TKM (g)
1	ohne	ohne	91,0	2,6
2	68 °C	60 sec	87,0	2,5
3	68 °C	90 sec	82,0	2,5
4	68 °C	120 sec	67,5	2,5
5	68 °C	150 sec	57,5	2,5
6	70 °C	60 sec	89,5	2,5
7	70 °C	90 sec	59,0	2,4
8	70 °C	120 sec	25,0	2,5
9	70 °C	150 sec	2,0	2,4

**Legende:** WD: Wasserdampf, TKM: Tausendkornmasse

#### 4. 2. 2. 3 Einfluss der Wasserdampf-Behandlung (WD) auf die Keimfähigkeit und Mehltau-Infektion unter Feldbedingungen

Die Aussaat des Versuchs erfolgte am 20.05.2014. Ziel war die Überprüfung unterschiedlicher Wasserdampfbehandlungen auf Ihre Wirksamkeit gegenüber dem Falschen Mehltau unter Feldbedingungen. Dabei wurden nur einige der im Abschnitt 4.2.2.2 (Tab. 56) dargestellten Behandlungen ausgewählt und geprüft.

**Tab. 56:** Prüfglieder und Keimungsrate der Kresse im Parzellenversuch, Hessen Mitte 2014

Prüf-glied	Temperatur der WD-Behandlung	Zeitdauer der WD-Behandlung	Keimungsrate im Feld
1	Ohne	ohne	80 %
2	68 °C	150 sec	45 %
3	70 °C	60 sec	5 – 20 %
4	70 °C	90 sec	5 – 10 %
5	70 °C	120 sec	5 %

Die Behandlung der Kresse-Samen bei 68°C (150 sec) führte zu einer deutlichen Verringerung der Feldaufgangsrate auf 45 % (Tab. 56). In der Kontrolle lag die Keimungsrate dagegen bei 80 % (unter Laborbedingungen bei 91 %). Die Parzellen wiesen deutliche Lücken im Pflanzen-Bestand auf (Ausfall halber Reihen). Bei einer Erhöhung der Temperatur der WD-Behandlung auf 70 °C verringerte sich die Keimungsrate sehr deutlich auf unter 20 %. Bei einer Behandlungsdauer von 120 sec waren nur noch vereinzelte Pflanzen zu beobachten.

Die Bonitur der gekeimten Pflanzen in der Kontrolle ergab, dass am 13. Juni 2014 die Primärinfektion mit dem Falschen Mehltau einsetzte. Die Infektion wurde zuerst am äußeren Rand der Blattunterseite beobachtet. An den Pflanzen der Varianten 2 – 5 konnte keine FM-Infektion beobachtet werden. Da nur wenige Pflanzen vorhanden waren, die auch in der Länge und im Phänotyp Wuchsdepressionen aufwiesen, waren ein objektiver Vergleich der Varianten und eine Fortsetzung der Bonituren nicht möglich. Der Versuch musste daher abgebrochen werden.

#### 4. 2. 3 Analyse der Glukosinolate

Die verwendete Methode detektiert Spaltprodukte der Glukosinolate (Isothiocanate). In den analysierten Proben konnte das Benzyl-Isothiocyanat (B-ITC) mit Gehalten von 0,01 bis 0,05 mg/ml als Haupt-Isothiocyanat in Gartenkresse detektiert werden.

Zusätzlich wurden fünf Sprossenproben (3x Gartenkresse, 1x Radies, 1x Rettich) aus örtlichen Bio- und Supermärkten bezogen und untersucht. In den Sprossenproben der Gartenkresse konnte ebenfalls B-ITC detektiert werden, in den Rettich- und Radies sprossen jedoch nicht. Die aus dem Supermarkt bezogenen Kresse-Sprossen wiesen B-ITC Gehalte von 0,01-0,03 mg/ml auf.

#### 4. 2. 4 Gefäßversuche zur Wirkung unterschiedlicher Saatzeiten

##### 4. 2. 4. 1 Saatzeiten-Versuch 2012

Der **Befall mit Falschem Mehltau** wurde in diesem Versuch zum ersten Mal am 27. Juni 2012 festgestellt. Dabei befanden sich die Kresse-Pflanzen im Entwicklungsstadium BBCH 68 (kurz vor Ende der Blühphase) bzw. im Stadium BBCH 70 (Blühende, 5. Aussaat). Bei der Bonitur am 27. Juni 2012 war keine der Pflanzen der ersten Aussaat (Frühsaat am 30. 03. 2012) mit Falschem Mehltau befallen. Eine Woche später dagegen (Bonitur am 04. 07. 2012) waren auch an den Pflanzen der ersten Saatzeit Symptome des Falschen Mehltaus zu beobachten.

**Tab. 57:** Einfluss der Aussaat-Verzögerung auf den Samenertrag (g pro Gefäß) von Gartenkresse, Saatzeitenversuch mit Mitscherlich-Gefäßen (6 Liter, Erdkultur) Rauschholzhausen 2012

Aussaat-Termin	Samengewicht je Gefäß (in g)	Relativ
30. 03. 2012	24,5 g	100 %
05. 04. 2012	24,0 g	98,0 %
12. 04. 2012	23,2 g	94,7 %
19. 04. 2012	22,2 g	90,6 %
26. 04. 2012	20,6 g	84,1 %

Die Verzögerung der Aussaat vom 30. März bis zum 26. April bewirkte eine Verzögerung der Pflanzenentwicklung, die sich auch in unterschiedlichen Reifestadien zeigte (s. Abb. 55). Infolge der späteren Aussaat verzögerte sich die Pflanzenentwicklung der Kresse um 4 (vierte Saatzeit) bis 10 Tage (5. Saatzeit).

Die Samenerträge nahmen mit jeder weiteren Saatzeitverzögerung ab und waren bei der spätesten Aussaat (26. April) am geringsten (84,1 % im Vergleich zur Frühsaat) (Tab. 57). Der Versuch zeigt, dass unter dem Gesichtspunkt der Ertragsbildung (Samen) eine frühe Aussaat (Ende März, Anfang April) der Gartenkresse sinnvoll ist, um eine längere Entwicklungsphase unter Kurztagbedingungen zu ermöglichen. Eine Spätsaat führt dagegen zu einer Verkürzung der vegetativen Phase (Blattbildung),

was insgesamt zu schwächeren Pflanzen und zu einer geringeren Anlage von Ertragsorganen (Seitentriebe, Schoten) führt.

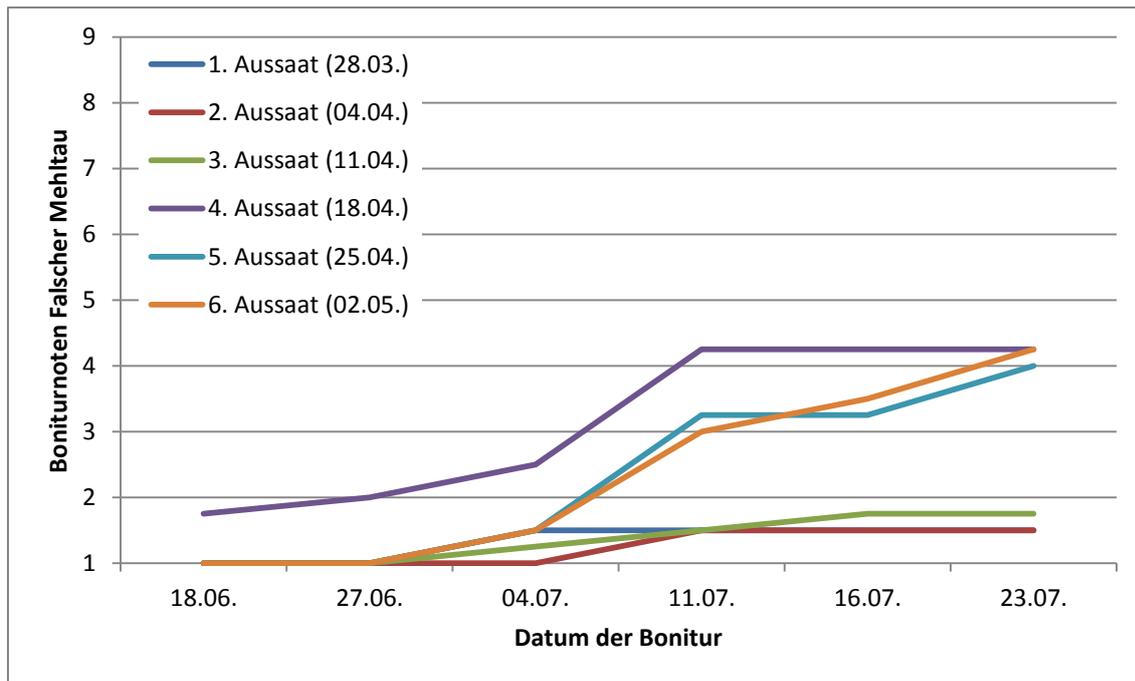


**Abb. 55:** Unterschiedliche Abreife der Gartenkresse unter dem Einfluss verzögerter Aussaat im Saatzeitenversuch 2012, Einfache Kresse am 18.07.2012, (links: Stadium BBCH 84, Mitte: Stadium BBCH 83, rechts: Stadium BBCH 81)

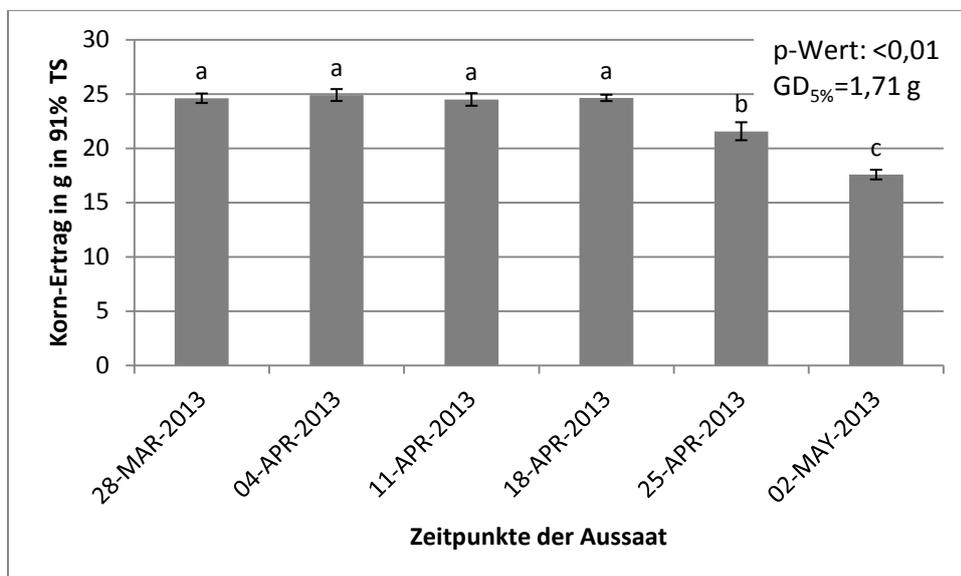
#### **4. 2. 4. 2 Saatzeiten-Versuch 2013**

Im Saatzeiten-Versuch 2013 wurde der Erstbefall der Kresse-Pflanzen mit Falschem Mehltau am 18.06.2013 festgestellt. Im Monat Juli nahm die Infektion weiter zu und erreichte gegen Ende Juli mit der Boniturnote 4 eine mittlere Befallsstärke (Abb. 56). Der Abbildung 56 ist zu entnehmen, dass die späteren Aussaaten (4., 5. und 6. Aussaat) stärker mit Falschem Mehltau infiziert gewesen sind als frühere Aussaaten.

Die Korn-Erträge der Gartenkresse waren im Jahr 2013 von der ersten bis zur vierten Aussaat (mit ca. 25 g je Gefäß) identisch (Abb. 57). Erst in den letzten beiden Saatzeiten wurden signifikant geringere Korn-Erträge als in den früheren Aussaaten beobachtet (Abb. 57). Durch die späteste Aussaat der Gartenkresse, die am 2. Mai 2013 erfolgte, wurden die signifikant geringsten Kornerträge erzielt. Somit zeigen die Ergebnisse dieses Versuches eine spätsaatbedingte Abnahme der Kornerträge, die in der letzten Aprildekade einsetzte.



**Abb. 56:** Infektion mit Falschem Mehltau (Mittelwerte pro Aussaat) während des Entwicklungsverlaufes der Gartenkresse im Saatzeitenversuch 2013



**Abb. 57:** Korn-Ertrag (Mittel pro Aussaat) im Saatzeitenversuch 2013 (T-Standardfehler,  $p < 0,01$ ,  $GD_{5\%} = 1,71$  g, unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten)

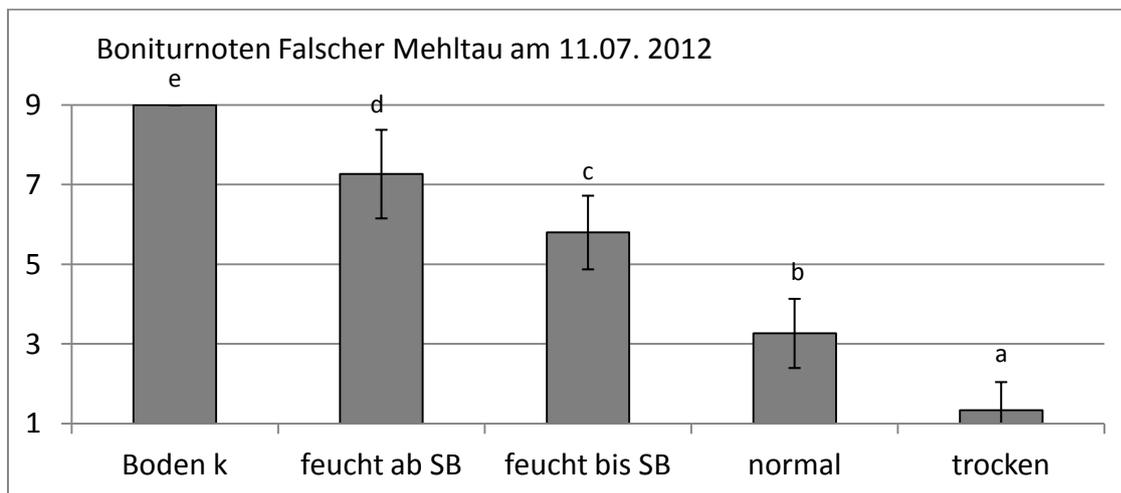
Die Ergebnisse dieser Untersuchungen brachten weiterhin zum Ausdruck, dass sich die Ertragskomponenten in Bezug auf die Seitentriebe 1. Ordnung pro Pflanze und in Bezug auf die TKM-Werte signifikant unterscheiden. Hierbei wies die früheste Aussaat die geringste Anzahl an Seitentrieben auf. Die früheste Aussaat wies

ebenfalls die kleinste TKM auf, die Aussaaten zum mittleren Zeitpunkt (11.04. & 18.04.) wiesen eine signifikant höhere TKM auf. Die Ertragskomponente „Seitentriebe 1.Ordnung“ wies jedoch keine Varianzhomogenität auf, sodass dieses Ergebnis nur unter Vorbehalt ausgewertet werden kann.

#### 4. 2. 5 Gefäßversuche zum Einfluss der Saatgutbehandlung und Blattnässe

##### Infektion mit Falschem Mehltau

Die Pflanzen aller Gefäße, die mit dem kontaminierten Boden (Vorfrucht Gartenkresse, Herkunft "Krebsbachhof") befüllt wurden, waren während der Schoßphase zunehmend mit Falschem Mehltau infiziert (Abb. 58). Die Infektion nahm im Laufe der Pflanzenentwicklung ständig zu (Boniturnote 9), so dass es zum Ende der Entwicklung zu einem Totalausfall der Pflanzen kam. In diesen Gefäßen (Variante "Boden k") konnte daher keine Samenernte mehr vorgenommen werden. Zudem wiesen die Pflanzen in diesen Gefäßen bereits ab Schoßbeginn starke Wuchsdepressionen auf. Eine spätere Befeuchtung der Pflanzenoberfläche (feucht ab Schoßbeginn) führte zu einer stärkeren Infektion (Boniturnote > 7) als eine frühe Befeuchtung bis Schoßbeginn (feucht bis SB) (Abb. 58). Normale Wachstumsbedingungen (keine Befeuchtung) führte zu einer geringen Infektion (Boniturnote 3,2), während die Pflanzen durch das Trockenhalten (mit rain-shelter) nahezu befallsfrei blieben (Boniturnote 1,5) (Abb. 58).



**Abb. 58:** Infektion der Gartenkresse durch Falschen Mehltau zu Schoßbeginn (am 11. 07. 2012) in Abhängigkeit von den Wachstumsbedingungen („Boden k“ = kontaminiert, „feucht ab SB“ = Pflanzen feucht ab Schoßbeginn, „feucht bis SB“ = Pflanzen feucht bis Schoßbeginn, „normal“ = Freilandbedingungen, „trocken“ = Pflanzenoberfläche blieb ständig trocken), Saatgut "Einfache Kresse", Herkunft Marold 2011, (p-Wert: < 0,001, GD 5%: 0,4)

Die Erstinfektion der Gartenkresse mit dem Falschen Mehltau wurde im Gefäßversuch 2012 am 30. Mai an Pflanzen der Gefäße beobachtet, die mit

kontaminiertem Boden befüllt waren. Die Infektion mit dem Falschen Mehltau am 05. Juni unterlag sowohl einer Hauptwirkung durch die Wachstumsbedingungen als auch einer Wechselwirkung Saatgutbehandlungen x Wachstumsbedingungen (Tab. 58). Demgegenüber konnte keine Hauptwirkung der Saatgutbehandlung auf die Infektion mit Falschem Mehltau festgestellt werden. Die Pflanzen der Variante 5 „kontaminierter Boden“ waren am 5. Juni 2012 bereits sehr stark mit Falschem Mehltau infiziert, was durch Boniturnoten von 7,5 bis 8,7 (Mittel = 8,0) zum Ausdruck kommt (Tab. 58). Alle anderen Wachstumsbedingungen unterscheiden sich zu diesem Zeitpunkt nicht wesentlich voneinander.

**Tab. 58** Infektion der Gartenkresse mit Falschem Mehltau (1-9) am 05. Juni im Gefäßversuch Rauschholzhausen 2012. Interaktion zwischen Saatgutbehandlung (SB) und Wachstumsbedingungen (WB)

WB \ SB	1. normal	2. ständig trocken	3. früh feucht	4. spät feucht	5. kontam. Boden	x
1. ohne	1,2 d	1,0 d	1,2 d	1,0 d	7,7 bc	2,4
2. WD 65	1,5 d	1,0 d	1,0 d	1,0d	7,5 c	2,4
3. WD 68	1,0 d	1,0 d	1,0 d	1,0 d	7,8 abc	2,4
4. EB 1	1,0 d	1,0 d	1,0 d	1,0 d	8,5 ab	2,5
5. EB 2	1,0 d	1,0 d	1,0 d	1,0 d	8,7 a	2,5
x	1,1	1,0	1,1	1,0	8,0	GD <sub>α=5%</sub> : 0,5*

**Legende:** WD: Wasserdampf, EB: Elektronenbehandlung, kontam. Boden: kontaminierter Boden, GD: Grenzdifferenz, unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede, x: Mittelwert

Die Bonitur des Falschen Mehltaus, die am 20. Juni durchgeführt wurde, bringt zum Ausdruck, dass die Infektion der Pflanzen in den Gefäßen mit kontaminiertem Boden weiter zugenommen hat (Tab. 59). Auch in der Variante "spät feucht" konnten erste Symptome beobachtet werden. Statistisch gesehen lag sowohl ein Haupteffekt durch die Wachstumsbedingungen als auch eine Interaktion Wachstumsbedingungen x Saatgutbehandlung vor.

**Tab. 59:** Infektion der Gartenkresse mit Falschem Mehltau (1-9) am 20. Juni im Gefäßversuch Rauschholzhausen 2012. Interaktion zwischen Saatgutbehandlung (SB) und Wachstumsbedingungen (WB)

WB \ SB	1. normal	2. ständig trocken	3. früh feucht	4. spät feucht	5. kontam. Boden	x
1. ohne	1,0 d	1,0 d	1,0 d	1,3 d	8,7 ab	2,6
2. WD 65	1,0 d	1,0 d	1,0 d	1,0 d	8,5 b	2,5
3. WD 68	1,0 d	1,0 d	1,0 d	1,2 d	8,5 b	2,5
4. EB 1	1,0 d	1,0 d	1,0 d	1,3 d	8,7 ab	2,6
5. EB 2	1,0 d	1,2 d	1,0 d	2,2 c	9,0 a	2,8
x	1,0	1,0	1,0	1,4	8,7	GD <sub>α=5%</sub> : 0,4*

**Legende:** WD: Wasserdampf, EB: Elektronenbehandlung, kontam. Boden: kontaminierter Boden, GD: Grenzdifferenz, unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede, x: Mittelwert

Am 27. Juni 2012 waren die Pflanzen im kontaminierten Boden unter allen Wachstumsbedingungen bereits vollständig mit Falschem Mehltau infiziert (Boniturnote 9) (Tab. 60). In allen anderen Varianten, in denen ein Versuchsboden (nicht infiziert) verwendet wurde, wurde die Mehltau-Infektion mit den Boniturnoten 1,0 bis 3,3 bewertet. Die spät feucht gehaltenen Pflanzen wiesen eine signifikant höhere Mehltau-Infektion auf (Boniturnote 3,3) als alle Vergleichsvarianten (Tab. 60).

**Tab. 60:** Infektion der Gartenkresse mit Falschem Mehltau (1-9) am 27. Juni im Gefäßversuch Rauschholzhausen 2012. Interaktion zwischen Saatgutbehandlung (SB) und Wachstumsbedingungen (WB)

WB \ SB	1. normal	2. ständig trocken	3. früh feucht	4. spät feucht	5. kontam. Boden	x
1. ohne	1,5 efg	1,0 g	2,3 de	2,2 def	9,0 a	3,2
2. WD 65	1,3 fg	1,0 g	2,0 ef	2,3 de	9,0 a	3,1
3. WD 68	1,3 fg	1,0 g	1,8 efg	3,0 cd	9,0 a	3,2
4. EB 1	1,0 g	1,0 g	1,8 efg	3,7 c	9,0 a	3,3
5. EB 2	1,3 fg	1,2 g	1,7 efg	5,5 b	9,0 a	3,7
x	1,2	1,0	1,9	3,3	9,0	GD <sub>α=5%</sub> : 0,8*

**Legende:** WD: Wasserdampf, EB: Elektronenbehandlung, kontam. Boden: kontaminierter Boden, GD: Grenzdifferenz, unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede, x: Mittelwert

Eine Woche später, am 04. Juli 2012, konnte ein weiterer Anstieg der Mehltauinfektion in der Variante 3 (früh feucht) auf 4,5 und in der Variante 4 (spät feucht) auf 6,7 beobachtet werden (Tab. 61). Die Pflanzen der ständig trocken gehaltenen Variante waren auch an diesem Termin noch völlig gesund

(Boniturnote 1). Demgegenüber war in der Variante 1 (normal) ein wesentlicher Anstieg der Infektion zu beobachten (Mittel = 2,6).

**Tab. 61:** Infektion der Gartenkresse mit Falschem Mehltau (1-9) am 04. Juli im Gefäßversuch Rauschholzhausen 2012. Interaktion zwischen Saatgutbehandlung (SB) und Wachstumsbedingungen (WB)

WB \ SB	1. normal	2. ständig trocken	3. früh feucht	4. spät feucht	5. kontam. Boden	x
1. ohne	2,7 f	1,2 g	4,5 de	5,3 cd	9,0 a	4,5
2. WD 65	2,5 f	1,0 g	4,8 cde	5,7 c	9,0 a	4,6
3. WD 68	2,2 f	1,0 g	5,0 cd	6,7 b	9,0 a	4,8
4. EB 1	2,7 f	1,0 g	4,0 e	7,3 b	9,0 a	4,8
5. EB 2	3,0 f	1,0 g	5,0 cd	8,3 a	9,0 a	5,3
x	2,6	1,0	4,5	6,7	9,0	GD <sub>α=5%</sub> : 0,8*

**Legende:** WD: Wasserdampf, EB: Elektronenbehandlung, kontam. Boden: kontaminierter Boden, GD: Grenzdifferenz, unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede, x: Mittelwert

Die Ergebnisse der Bonitur, die am 11. Juli 2012 durchgeführt wurde, bringen einen weiteren Anstieg der Mehltau-Infektion zum Ausdruck (Tab. 62). Das Infektionsniveau erhöhte sich in der spät feucht gehaltenen Variante auf 7,3 und in der früh feucht gehaltenen Variante auf die Boniturnote 5,8. Darüber hinaus wurde eine Wechselwirkung beobachtet, die sich in einer vergleichsweise höheren Mehltau-Infektion der Saatgutbehandlungen EB 1 und EB 2 ausdrückt.

**Tab. 62:** Infektion der Gartenkresse mit Falschem Mehltau (1-9) am 11. Juli, Gefäßversuch Rauschholzhausen 2012. Interaktion zwischen Saatgutbehandlung (SB) und Wachstumsbedingungen (WB)

WB \ SB	1. normal	2. ständig trocken	3. früh feucht	4. spät feucht	5. kontam. Boden	x
1. ohne	2,7 h	1,7 i	5,7 ef	6,5 de	9,0 a	5,1
2. WD 65	3,2 gh	1,3 i	6,2 ef	6,2 ef	9,0 a	5,2
3. WD 68	3,3 gh	1,2 i	6,2 ef	7,2 cd	9,0 a	5,4
4. EB 1	3,3 gh	1,0 i	5,3 f	8,0 bc	9,0 a	5,3
5. EB 2	3,8 g	1,3 i	5,7 ef	8,5 ab	9,0 a	5,7
x	3,3	1,3	5,8	7,3	9,0	GD <sub>α=5%</sub> : 0,8*

**Legende:** WD: Wasserdampf, EB: Elektronenbehandlung, kontam. Boden: kontaminierter Boden, GD: Grenzdifferenz, unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede, x: Mittelwert

In der Zeit vom 11. Juli bis 18. Juli konnte keine wesentliche Erhöhung der Mehltau-Infektion beobachtet werden. Somit lagen die Boniturnoten am 18. Juli (Tab. 63) nur geringfügig höher als eine Woche zuvor am 11. Juli (Tab. 62).

**Tab. 63:** Infektion der Gartenkresse mit Falschem Mehltau (1-9) am 18. Juli, Gefäßversuch Rauschholzhausen 2012. Interaktion zwischen Saatgutbehandlung (SB) und Wachstumsbedingungen (WB)

WB \ SB	1. normal	2. ständig trocken	3. früh feucht	4. spät feucht	5. kontam. Boden	x
1. ohne	3,2 g	1,8 h	6,0 ef	6,8 cd	9,0 a	5,4
2. WD 65	3,5 fg	1,7 h	6,7 cde	6,5 cd	9,0 a	5,5
3. WD 68	3,5 fg	1,8 h	6,3 def	7,3 bc	9,0 a	5,6
4. EB 1	3,7 fg	1,0 h	5,5 f	8,2 ab	9,0 a	5,6
5. EB 2	4,2 f	1,8 h	6,2 def	8,7 a	9,0 a	6,0
x	3,5	1,6	6,1	7,5	9,0	GD <sub>α=5%</sub> : 0,9*

**Legende:** WD: Wasserdampf, EB: Elektronenbehandlung, kontam. Boden: kontaminierter Boden, GD: Grenzdifferenz, unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede, x: Mittelwert

Die abschließende Bonitur des Versuchs erfolgte am 27. Juli 2012. Die Infektion durch Falschen Mehltau lag zu diesem Zeitpunkt auf dem gleichen Niveau wie zur vorletzten Bonitur am 18. Juli. Auch innerhalb der jeweiligen Varianten bzw. Behandlungsstufen (Saatgutbehandlungen und Wachstumsbedingungen) gab es keine wesentlichen Veränderungen des Befallsverlaufs.

Somit wurden auch zur Abschlussbonitur sowohl signifikante Hauptwirkungen durch die Saatgutbehandlungen und Wachstumsfaktoren als auch signifikante Wechselwirkungen zwischen diesen beiden Prüffaktoren festgestellt (Tab. 64). Zu diesem Zeitpunkt (27. Juli) lagen in der Kombination von "ständig trocken" und "EB 1" keine Symptome eines Befalls mit dem Falschen Mehltau vor (Boniturnote 1). Bei den Pflanzen der Variante 5 (kontaminierter Boden) in Kombination mit jeder der Saatgutbehandlungen lag dagegen der höchste Mehltau-Befall vor (Boniturnote 9).

In den Gefäßen mit kontaminiertem Boden waren die Kressepflanzen vollständig mit dem Falschen Mehltau befallen. Der Mehltaubefall der Pflanzen unter normalen Wachstumsbedingungen war geringer (Boniturnote 3,5) als in den Gefäßen, in denen die Kresse feucht gehalten wurde (Boniturnote 6,1 bzw. 7,5) (Tab. 64). Die Gartenkresse, deren Pflanzenoberfläche ständig trocken gehalten wurde, wies die niedrigste Infektionsstärke auf (Boniturnote 1,6). Im Vergleich mit den übrigen Varianten trat der Befall in der Variante 2 (ständig trocken) später (ab Ende Juni) auf. Zudem breitete sich die Infektion in dieser Variante nicht so schnell und stark aus. Des Weiteren war zu beobachten, dass die Pflanzen deren Pflanzenoberfläche

trocken gehalten worden ist, eine wachsartige Schicht auf der Blattoberfläche ausgebildet haben.

**Tab. 64:** Infektion der Gartenkresse mit Falschem Mehltau (1-9) am 27. Juli im Gefäßversuch Rauischholzhausen 2012. Interaktion zwischen Saatgutbehandlung (SB) und Wachstumsbedingungen (WB)

WB \ SB	1. normal	2. ständig trocken	3. früh feucht	4. spät feucht	5. kontam. Boden	x
1. ohne	3,0 hi	1,8 jk	6,0 ef	7,0 cd	9,0 a	5,4
2. WD 65	3,7 gh	1,7 jk	6,7 cde	6,5 cde	9,0 a	5,5
3. WD 68	3,3 gh	1,8 jk	6,3 def	7,3 bc	9,0 a	5,6
4. EB 1	3,5 gh	1,0 jk	5,5 f	8,2 ab	9,0 a	5,4
5. EB 2	4,2 g	2,2 ij	6,2 def	8,7 a	9,0 a	6,0
x	3,5	1,7	6,1	7,5	9,0	GD $\alpha=5\%$ : 0,9*

**Legende:** WD: Wasserdampf, EB: Elektronenbehandlung, kontam. Boden: kontaminierter Boden, GD: Grenzdifferenz, unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede, x: Mittelwert

### Pflanzenlängen

Die Auswertung der gemessenen Pflanzenlängen ergab, dass die Saatgutbehandlung keinen gesicherten Effekt auf die Länge der Pflanzen ausübte. Des Weiteren konnte keine signifikante Interaktion der beiden Prüfglieder, Saatgutbehandlung und Wachstumsbedingungen, auf die Pflanzenlänge der Gartenkresse beobachtet werden (Tab. 65). Es bestand jedoch eine Hauptwirkung der Wachstumsbedingungen auf die Pflanzenlänge zu verschiedenen Entwicklungsterminen (Tab. 65). Dieser Effekt konnte zu allen Terminen, an denen die Pflanzenlängen gemessen worden sind, festgestellt werden.

Im gesamten Beobachtungszeitraum vom 05. Juni bis 04. Juli 2012 konnte eine kontinuierliche Zunahme der Pflanzenlänge von etwa 40 cm (5. Juni) auf etwa 100 cm (04. Juli) beobachtet werden (Tab. 65). Zwischen den Varianten 1 (normal), 2 (ständig trocken), 3 (früh feucht) und 4 (spät feucht) bestanden nur geringe Unterschiede im Längenwachstum. Auffällig ist, dass die Kresse-Pflanzen in der Variante 2 (ständig trocken) an allen Beobachtungsterminen länger waren als die Pflanzen in den Vergleichsvarianten. Am 5. Juni, 13. Juni und 20. Juni waren diese Unterschiede im Vergleich mit allen anderen Varianten signifikant. Zu den letzten beiden Terminen (27. Juni, 4. Juli) waren die Pflanzen der Variante 2 (ständig trocken) nur gegenüber den Varianten 4 (spät feucht) und 5 (kontaminierter Boden) signifikant länger (Tab. 65).

Auffällig ist weiterhin, dass die Pflanzen in der Variante „kontaminierter Boden“ eine starke Verringerung des Längenwachstums zeigten. In der Anfangsentwicklung

(5. Juni) erreichten sie lediglich 19 cm Pflanzenlänge und zu den späteren Terminen erhöhte sich die Pflanzenlänge auf 32 bis 36 cm. Die Kresse-Pflanzen zeigten auf dem „kontaminierten Boden“ somit deutliche Wuchsdepressionen (Tab. 65).

**Tab. 65:** Einfluss der Saatgutbehandlung und der Wachstumsbedingungen auf die Pflanzenlänge (05. Juni bis 04. Juli) von Gartenkresse, Gefäßversuch Rauischholzhausen 2012

Prüfglieder	Pflanzenlängen (cm)				
	05.06.	13.06.	20.06.	27.06.	04.07.
<b>Saatgutbehandlung (SB)</b>					
1. ohne	36	64	78	86	88
2. WD 65	36	64	80	89	90
3. WD 68	36	64	79	87	90
4. EB 1	36	63	77	85	87
5. EB 2	36	63	76	85	88
<b>Signifikanz</b>	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>
<b>Wachstumsbedingungen (WB)</b>					
1. normal	40 b	71 b	87 b	99 ab	103 ab
2. ständig trocken	42 a	74 a	94 a	101 a	106 a
3. früh feucht	40 b	70 b	86 b	99 ab	102 bc
4. spät feucht	40 b	71 b	85 b	98 b	99 c
5. kontaminierter Boden	19 c	32 c	36 c	33 c	32 d
<b>GD <math>\alpha=5\%</math></b>	<b>1,1 cm</b>	<b>2,1 cm</b>	<b>2,9 cm</b>	<b>3,0 cm</b>	<b>3,5 cm</b>
<b>Wechselwirkung SB x WB</b>	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>

**Legende:** WD: Wasserdampf, EB: Elektronenbehandlung, GD: Grenzdifferenz, unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede, n.s.: nicht signifikant

In dem Versuch konnten während der Versuchsdurchführung Nachbarschaftseffekte durch die Sekundär-Infektion mit dem Falschen Mehltau beobachtet werden, d. h. die Infektion breitete sich horizontal über Nachbarpflanzen im Bestand aus (Sporenverbreitung über Spritzwasser, Wind, mechanische Übertragung). Trotzdem hatte das Mikroklima einen deutlichen und signifikanten Einfluss auf die Infektion mit Falschen Mehltau. Feuchte Bedingungen förderten und trockene Bedingungen minderten die Ausbreitung der Infektion mit dem Falschen Mehltau.

#### 4. 2. 6 Feldversuche zum Einfluss der Pflanzendichte und Saatgutbehandlung

##### Feldversuch 2012

Der gesamte **Wachstumszyklus** der Kressepflanzen dauerte im Jahr 2012 insgesamt 118 Tage. Der Zeitraum von Aussaat bis zur Blüte betrug 52 Tage. Die Zeitspanne zwischen Blüte und Ernte belief sich auf 66 Tage, hiervon vergingen 36 Tage von der Blüte bis zu der Samenreife und 30 Tage von der Samenreife bis zur Korn-Ernte. Die Blüte (BBCH 60) wurde Anfang Juni erreicht. Am 12. Juni ist jedoch

das Entwicklungsstadium BBCH 65 („Vollblüte“, ca. 50 % der Blüten am Haupttrieb offen, erste Blütenblätter fallen bereits ab) beobachtet worden Die Fruchtentwicklung der Pflanzen erfolgte Ende Juni. Die Frucht- und Samenreife (BBCH 80) fand im Juli statt.

Die Evaluation der Pflanzendichten (100, 200, 300 und 400 keimfähige Körner pro m<sup>2</sup>) ergab, dass die angestrebten Pflanzendichten unter Feldbedingungen zu mindestens 96 % erreicht wurden. Die Saatstärke 300 Körner/m<sup>2</sup> erreichte mit 316 Pflanzen pro m<sup>2</sup> einen etwas höheren Feldaufgang als erwartet (Tab. 66). Bei Gartenkresse traten somit nur sehr geringe Boden- bzw. umweltbedingte Keimungsverluste auf.

**Tab. 66:** Pflanzendichten (Kö./m<sup>2</sup>, Pflanzen/m<sup>2</sup>) und Keimungsrate (%) der Kresse (Einfache Kresse) im Feldversuch Hessen-Mitte 2012

<b>Pflanzendichte (keimfähige Körner/m<sup>2</sup>)</b>	<b>absolute Pflanzenzahl (Pflanzen/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Keimungsrate (%)</b>
100 Körner/m <sup>2</sup>	96	96
200 Körner/m <sup>2</sup>	196	98
300 Körner/m <sup>2</sup>	316	105
400 Körner/m <sup>2</sup>	385	96

Im Feldversuch 2012 sind am 10. Juni die ersten mit **Falschem Mehltau** befallenen Pflanzen im Rand des Versuchs gefunden worden. Bei der Bonitur des Versuchs am 12. Juni konnten keine Symptome des Falschen Mehltaus beobachtet werden. Die Erstinfektion mit dem Falschen Mehltau wurde im Versuch am 19. Juni bonitiert. Die Saatgutbehandlungen wiesen an zwei von sieben Zeitpunkten signifikante Effekte auf die Infektion mit dem Falschen Mehltau auf. Zum 26. Juni, während der Fruchtbildung, wiesen die Pflanzen der Variante „EB 1“ die stärkste Infektion auf (Tab. 67). Die Varianten „WD 65“ und „EB 2“ wiesen eine wesentlich geringere Infektion auf. Die unbehandelte Kontrolle (ohne) sowie die „WD 68“ lagen zwischen diesen Werten. Insgesamt variierten die Boniturnoten im Mittel von 3,0 (WD 65) bis 4,3 (EB 1). Am 31. Juli (während der Schoten- und Samenreife) konnte ebenfalls ein Effekt der Saatgutbehandlung (SB) auf die Infektion mit dem Falschen Mehltau ermittelt werden. Die Boniturnoten lagen im Bereich von 6,8 (EB 1) bis 7,8 (ohne). Die stärkste Infektion war somit zu diesem Zeitpunkt in der unbehandelten Kontrolle („ohne“) vorhanden. Deutlich geringer war die Infektion in der Variante „EB 1“. Die Boniturnoten der übrigen Saatgutbehandlungen, „WD 65“, „WD 68“ und „EB 2“, lagen zwischen den Vergleichsvarianten.

Die Pflanzendichte übte keinen gesicherten Einfluss auf die Infektion der Gartenkresse mit dem Falschen Mehltau aus. Des Weiteren konnte keine Interaktion zwischen der Saatgutbehandlung und der Pflanzendichte („SB x PD“) festgestellt werden (Tab. 67).

**Tab. 67:** Einfluss der Saatgutbehandlung und der Pflanzendichte auf die Infektion der Gartenkresse mit Falschem Mehltau (1-9), Feldversuch Hessen-Mitte 2012

Prüfglieder	Termine (Datum) der Bonituren auf Falschen Mehltau	
	26.06.	31.07.
<b>Saatgutbehandlung (SB)</b>		
1. ohne	3,9 ab	7,8 a
2. WD 65	3,0 b	7,2 ab
3. WD 68	3,9 ab	7,1 ab
4. EB 1	4,3 a	6,8 b
5. EB 2	3,3 b	7,4 ab
<b>GD</b> $\alpha=5\%$	<b>0,9</b>	<b>0,6</b>
<b>Pflanzendichte (PD)</b>		
1. 100	4,0	7,1
2. 200	4,1	7,5
3. 300	3,7	7,2
4. 400	3,1	7,3
<b>Signifikanz</b>	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>
<b>SB x PD</b>	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>

**Legende:** WD: Wasserdampf, EB: Elektronenbehandlung, GD: Grenzdifferenz, unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede, n.s.: nicht signifikant

Die Saatgutbehandlung hatte keinen gesicherten Einfluss auf die **Pflanzenlängen** der Gartenkresse. Die Variation der Pflanzendichten hatte dagegen im Stadium der Fruchtbildung (Termine der Bonitur am 26. Juni und 03. Juli) sowie im Stadium der Vollreife einen signifikanten Einfluss auf die Pflanzenlängen (Tab. 68). Am 26. Juni erlangten die Pflanzen bei 100 und 200 Körnern pro m<sup>2</sup> eine signifikant höhere Länge als die Pflanzen der Saatstärken 300 und 400 Körner pro m<sup>2</sup>. Zum 03. Juli erreichten die Pflanzen der Saatstärken 100 bzw. 200 Körnern pro m<sup>2</sup> eine Länge von 83 bzw. 84 cm. Bei 300 gesäten Körnern wurde eine Länge von 81 cm erzielt. Die Saatstärke von 400 Körnern pro m<sup>2</sup> bewirkte mit 79 cm eine deutlich geringere Pflanzenlänge. Im Stadium der Vollreife hatte die Kresse eine Pflanzenlänge von 73 bis 79 cm. Eine Saatstärke von 100 bzw. 200 Körnern pro m<sup>2</sup> führte zu signifikant längeren Pflanzen als 300 bzw. 400 Körner pro m<sup>2</sup>. Im Versuch lagen keine Interaktionseffekte zwischen den Prüffaktoren Saatgutbehandlung und Pflanzendichte vor (Tab. 68).

**Tab. 68:** Einfluss der Saatgutbehandlung und der Pflanzendichte auf die Pflanzenlängen der Gartenkresse, Feldversuch Hessen-Mitte 2012

Prüfglieder	Pflanzenlängen (cm)		
	26.06.	03.07.	Vollreife
<b>Saatgutbehandlung (SB)</b>			
1. ohne	81	85	78
2. WD 65	79	80	76
3. WD 68	79	81	74
4. EB 1	80	81	77
5. EB 2	80	82	75
<b>Signifikanz</b>	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>
<b>Pflanzendichte (PD)</b>			
1. 100	82 a	83 a	79 a
2. 200	82 a	84 a	79 a
3. 300	78 b	81 ab	75 b
4. 400	77 b	79 b	73 b
<b>GD <math>\alpha=5\%</math></b>	<b>2,8 cm</b>	<b>3,1 cm</b>	<b>3,3 cm</b>
<b>SB x PD</b>	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>

**Legende:** WD: Wasserdampf, EB: Elektronenbehandlung, GD: Grenzdifferenz, unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede, n.s.: nicht signifikant

### Kornerträge und Ertragskomponenten

Die Saatgutbehandlung übte einen gesicherten Effekt auf die Korn-Erträge der Kresse aus (Tab. 69). Die Ertragskomponenten (z. B. Anzahl der Seitentriebe, Anzahl an Schoten) blieben dagegen von der Saatgutbehandlung unbeeinflusst. Die Korn-Erträge der elektronenbehandelten Varianten waren wesentlich höher als die Korn-Erträge der wasserdampfbehandelten Partien.

Die Variation der Pflanzendichte führte zu signifikanten Unterschieden in Bezug auf die Korn-Erträge, die Anzahl an Seitentrieben gesamt, Seitentrieben 1. Ordnung und Seitentrieben 2. Ordnung sowie auf die Anzahl an Schoten. Eine Pflanzendichte von 100 Körnern pro m<sup>2</sup> führte zu einer deutlichen Abnahme des Korn-Ertrags im Vergleich mit Pflanzendichten von 200, 300 und 400 Körnern pro m<sup>2</sup>. Die Pflanzendichte von 100 Körnern pro m<sup>2</sup> erzielte jedoch die höchste Schotenzahl. Eine Erhöhung der Pflanzendichte auf 200 Körnern pro m<sup>2</sup> führte zu einer deutlichen Verminderung der Anzahl an Schoten. Eine weitere Erhöhung der Pflanzendichte auf 300 bzw. 400 Körnern pro m<sup>2</sup> führte zu einer weiteren wesentlichen Abnahme der Schotenzahl (Tab. 69).

**Tab. 69:** Einfluss der Saatgutbehandlung und der Pflanzendichte auf den Korn-Ertrag und die Ertragskomponenten der Gartenkresse, Feldversuch Hessen-Mitte 2012

Prüfglieder	Ertrag und Ertragskomponenten		
	Ertrag (bei 91%TS) in g	Kornertrag in dt/ha	Anzahl Schoten/Pflanze
<b>Saatgutbehandlung (SB)</b>			
1. ohne	301,4 ab	18,1 ac	197
2. WD 65	280,5 b	16,8 a	206
3. WD 68	275,1 b	16,5 a	204
4. EB 1	338,2 a	20,3 bc	189
5. EB 2	336,5 a	20,0 c	212
<b>GD <math>\alpha=5\%</math></b>	<b>48,1 g</b>	<b>2,0 dt/ha</b>	<b>n.s.</b>
<b>Pflanzendichte (PD)</b>			
1. 100	247,7 b	14,9 a	295 a
2. 200	340,0 a	20,4 b	210 b
3. 300	318,4 a	19,1 b	163 c
4. 400	319,2 a	19,2 b	139 c
<b>GD <math>\alpha=5\%</math></b>	<b>43,0 g</b>	<b>3,5 dt/ha</b>	<b>32</b>
<b>SB x PD</b>	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>

**Legende:** WD: Wasserdampf, EB: Elektronenbehandlung, GD: Grenzdifferenz, unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede, n.s.: nicht signifikant

Die Zahl der Seitentriebe je Pflanze nahm mit steigender Pflanzendichte ab (Tab. 70). Die Seitentriebe (gesamt), variierten von 8,7 bis 21,2. Eine Zunahme der Pflanzendichte von 100 auf 200 Körner pro m<sup>2</sup> führte zu einer gesicherten Abnahme der Seitentriebe pro Pflanze. Eine weitere Zunahme der Pflanzendichte auf 400 Körner m<sup>2</sup> führte zu einer weiteren Abnahme der Anzahl an Seitentrieben pro Pflanze. Im vorliegenden Versuch konnten keine Interaktionen zwischen Saatgutbehandlung und Pflanzendichte beobachtet werden.

**Tab. 70:** Einfluss der Saatgutbehandlung und der Pflanzendichte auf die Anzahl an Seitentrieben (gesamt, 1. Ordnung, 2. Ordnung) der Gartenkresse, Feldversuch Hessen-Mitte 2012

Prüfglieder	Anzahl Seitentriebe		
	Anzahl Seitentriebe pro Pflanze	Anzahl Seitentriebe 1.Ordnung/Pflanze	Anzahl Seitentriebe 2.Ordnung/Pflanze
<b>Saatgutbehandlung (SB)</b>			
1. ohne	13,0	6,3	6,7
2. WD 65	14,0	6,2	7,7
3. WD 68	13,4	6,2	7,3
4. EB 1	12,9	6,0	6,9
5. EB 2	14,1	6,3	7,8
<b>Signifikanz</b>	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>
<b>Pflanzendichte (PD)</b>			
1. 100	21,2 a	7,6 a	13,6 a

2. 200	13,9 b	6,5 b	7,3 b
3. 300	10,2 c	5,6 bc	4,6 c
4. 400	8,7 c	5,0 c	3,6 c
<b>GD (PD) <math>\alpha=5\%</math></b>	<b>2,4</b>	<b>0,5</b>	<b>2,0</b>
<b>SB x PD</b>	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>

WD: Wasserdampf, EB: Elektronenbehandlung, GD: Grenzdifferenz, unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede, ns: nicht signifikant

### Feldversuch 2013

Der gesamte **Entwicklungszyklus** der Kressepflanzen dauerte im Jahr 2013 insgesamt 125 Tage (Aussaat bis Ernte). Von der Aussaat bis zur Blüte vergingen 72 Tage, während die Zeitspanne von der Blüte bis zur Ernte 53 Tage betrug. Das Knospen-Stadium (BBCH 50) wurde am 21. Juni beobachtet und 7 Tage später, am 28. Juni, wurde der Blühbeginn (BBCH 60) beobachtet. Die Frucht- und Samenreife (BBCH 80) der Kresse-Pflanzen setzte am 19. Juli ein.

Die Erhöhung der Pflanzendichte von 100 bis auf 400 Körner pro m<sup>2</sup> führte zu einer Abnahme der relativen **Feldaufgangsrate** (Tab. 71). Bei einer Aussaat von 100 Körnern pro m<sup>2</sup> betrug die Feldaufgangsrate 96,5 % (keimfähige Samen = 100 %). Die Aussaat von 400 Körnern pro m<sup>2</sup> bewirkte hingegen eine geringere Feldaufgangsrate von nur 70,9 %. Die Verwendung von 200 bzw. 300 Körnern pro m<sup>2</sup> führte zu einem Aufgang von 86,6 bzw. 86,0 % (Tab. 71).

**Tab. 71:** Pflanzendichten und Keimungsraten der Kresse im Feldversuch Hessen Mitte 2013

<b>Pflanzendichte (gesäte Körner/m<sup>2</sup>)</b>	<b>absolut</b>	<b>relativ (%)</b>
100	96,5	96,5
200	173,8	86,6
300	258,1	86,0
400	283,4	70,9

### **Pflanzenlängen**

Die Pflanzenlängen der Gartenkresse wurden im Zeitraum vom 17. Mai bis zur Vollreife, insgesamt an zehn Terminen, gemessen. Zu den Terminen am 17. Mai, 07. Juni und 21. Juni 2013 gab es weder einen Einfluss der Saatgutbehandlung noch einen Effekt der Pflanzendichte auf die Pflanzenlängen der Kresse-Pflanzen (Daten nicht dargestellt). Auch an den Terminen am 5. Juli, 19. Juli, 26. Juli sowie zur Vollreife waren keine Effekte der Saatgutbehandlung auf die Pflanzenlänge zu beobachten (Tab. 72). Demgegenüber hatte die Saatgutbehandlung an drei Terminen, am 14. Juni, 28. Juni sowie am 12. Juli 2013 einen gesicherten Einfluss auf das Längenwachstum der Gartenkresse (Tab. 72).

Zum 28 Juni waren die Pflanzen der Variante „WD 65“ wesentlich länger als die der Varianten „EB 1“ und „EB 2“ (Tab. 72). Die beiden elektronenbehandelten Varianten unterschieden sich nicht voneinander. Die Pflanzen „ohne Behandlung“, sowie die Variante „WD 68“ unterschieden sich nicht wesentlich von den Varianten „WD 65“, „EB 1“ und „EB 2“. Zu diesem Termin variierten die Pflanzenlängen von 58 bis 65 cm. Die Messung der Längen am 12. Juli ergab, dass sich die Varianten „ohne Behandlung“, „WD 68“ sowie „EB 1“ nicht signifikant voneinander unterschieden. Jedoch weisen die vorgenannten drei Varianten gegenüber der Variante „EB 2“ eine wesentlich höhere Pflanzenlänge auf. Die Variante „WD 68“ unterschied sich nicht von den übrigen Varianten.

Die unterschiedlichen Pflanzendichten hatten an fünf von insgesamt sieben Terminen, an denen die Pflanzen vermessen wurden, einen gesicherten Einfluss auf die Pflanzenlänge der Gartenkresse (Tab. 72). Insgesamt führte eine Zunahme der Pflanzendichte zu einer Abnahme der Pflanzenlänge. Am 5. Juli waren die Pflanzen in der Variante „100 Körner/m<sup>2</sup>“ mit 80 cm wesentlich länger als die Pflanzen der Varianten „200“, „300“ und „400 Körner/m<sup>2</sup>“, die jeweils 77, 76 und 75 cm erreichten. Auch zum Ende der Pflanzenentwicklung, im Stadium der Vollreife, bewirkten die Aussaatstärken von 100 bzw. 200 Körnern pro m<sup>2</sup> die höchste Pflanzenlänge. Die Saatstärke von 400 Körnern pro m<sup>2</sup> bewirkte dagegen geringere Pflanzenlängen. Zwischen den Prüffaktoren Saatgutbehandlung (SB) und Pflanzendichte (PD) bestand keine Wechselwirkung (Tab. 72).

**Tab. 72:** Einfluss der Saatgutbehandlung und der Pflanzendichte auf die Pflanzenlänge der Gartenkresse (14. Juni bis VR), Feldversuch Hessen-Mitte 2013

Prüfglieder	Pflanzenlängen (cm)						
	14.06.	28.06.	05.07.	12.07.	19.07.	26.07.	VR
<b>Saatgutbehandlung (SB)</b>							
1. ohne	16 ab	63 ab	76	84 a	83	83	78
2. WD 65	17 a	65 a	77	82 ab	80	80	78
3. WD 68	15 bc	61 ab	78	85 a	84	80	79
4. EB 1	14 c	58 b	78	85 a	82	82	79
5. EB 2	15 bc	58 b	75	80 b	80	80	78
<b>GD <math>\alpha=5\%</math></b>	<b>1,9 cm</b>	<b>5,8 cm</b>	<b>n.s.</b>	<b>3,7 cm</b>	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>
<b>Pflanzendichte (PD)</b>							
1. 100 Körner/m <sup>2</sup>	16	61	80 a	86 a	88 a	85 a	81 a
2. 200 Körner/m <sup>2</sup>	16	61	77 b	84 ab	82 b	82 a	80 a
3. 300 Körner/m <sup>2</sup>	15	61	76 b	82 b	79 b	80 ab	78 ab
4. 400 Körner/m <sup>2</sup>	15	62	75 b	81 b	79 b	77 b	74 b
<b>GD <math>\alpha=5\%</math></b>	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>	<b>3,3 cm</b>	<b>3,4 cm</b>	<b>5,2 cm</b>	<b>4,6 cm</b>	<b>5,5 cm</b>
<b>Wechselwirkung SB x PD</b>	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>

**Legende:** WD: Wasserdampf, EB: Elektronenbehandlung, GD: Grenzdifferenz, unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede, n.s.: nicht signifikant

### Infektion mit Falschem Mehltau

Die ersten Symptome des Falschen Mehltaus sind im Feldversuch 2013 am 14. Juni erstmalig beobachtet worden. Die Infektion trat nesterweise bei wenigen Pflanzen pro Parzelle, jedoch mit deutlicher Symptom-Ausprägung auf. Die befallenen Pflanzen waren vollständig mit weißem Myzel überzogen. Die jeweilige Saatgutbehandlung (SB) und die unterschiedlichen Pflanzendichten (PD) hatten keinen gesicherten Einfluss auf die Infektion mit dem Falschen Mehltau. Zwischen den beiden Prüffaktoren (SB und PD) war keine Interaktion vorhanden.

### Korn-Ertrag und Ertragskomponenten

Weder die Saatgutbehandlung noch die Variation der Pflanzendichte übte einen signifikanten Einfluss auf die Korn-Erträge aus (Daten nicht dargestellt). Die SB hatte weiterhin keinen gesicherten Effekt auf die Ertragskomponenten. Die unterschiedlichen Pflanzendichten hingegen bewirkten gesicherte Effekte auf die Anzahl an Seitentriebe (1., 2. Ordnung, gesamt) und die Anzahl an Schoten. Die Seitentrieb-Zahl ist bei 100 Körnern pro m<sup>2</sup> am höchsten. Eine Erhöhung der Körner pro m<sup>2</sup> führt zu einer Abnahme der Seitentriebe. Die Anzahl der Seitentriebe gesamt reicht von 14,4 bis 25,8. Die Anzahl der Schoten pro Pflanze nimmt ebenfalls mit steigender Pflanzendichte ab (signifikant). Bei 100 Körnern pro m<sup>2</sup> konnten im Mittel 282,9 Schoten und bei 400 Körnern pro m<sup>2</sup> im Mittel nur 169,8 Schoten pro Pflanze erzielt werden (Tab. 73).

**Tab. 73:** Einfluss der Saatgutbehandlung und der Pflanzendichte auf die Ertragskomponenten der Gartenkresse, Feldversuch Hessen-Mitte 2013

Prüfglieder	Ertragskomponenten			
	Anzahl Seitentriebe 1.Ordnung/ Pflanze	Anzahl Seitentriebe 2.Ordnung/ Pflanze	Anzahl Seitentriebe gesamt/ Pflanze	Anzahl Schoten/ Pflanze
<b>Saatgutbehandlung (SB)</b>				
1. ohne	8,2	9,3	17,5	186,2
2. WD 65	8,4	11,1	19,4	214,2
3. WD 68	8,6	12,8	21,5	226,6
4. EB 1	7,8	11,0	18,8	221,5
5. EB 2	7,6	10,3	17,9	192,9
<b>Signifikanz</b>	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>
<b>Pflanzendichte (PD)</b>				
1. 100 Körner/m <sup>2</sup>	9,9 a	15,9 a	25,8 a	282,9 a
2. 200 Körner/m <sup>2</sup>	8,3 ab	11,5 ab	19,8 ab	204,0 ab
3. 300 Körner/m <sup>2</sup>	7,4 b	8,7 b	16,1 b	176,6 b
4. 400 Körner/m <sup>2</sup>	6,9 b	7,5 b	14,4 b	169,8 b
<b>GD <math>\alpha=5\%</math></b>	<b>1,5</b>	<b>4,8</b>	<b>6,1</b>	<b>81,4</b>
<b>Wechselwirkung SB x PD</b>	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>	<b>n.s.</b>

**Legende:** WD: Wasserdampf, EB: Elektronenbehandlung, GD: Grenzdifferenz, unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede, n.s.: nicht signifikant

#### 4. 2. 7 Gefäßversuche mit Pflanzen-Extrakten

Gefäß- und Freilandversuche mit Stärkungsmitteln wurden im Jahr 2014 schwerpunktmäßig vom Projektpartner Ökoplant e. V. durchgeführt. Auf Grund dieser Arbeitsteilung konzentrierten sich die Arbeiten im Teil-Projekt der JLU auf physikalische Behandlungsmethoden des Saatgutes (siehe oben) und auf die Wirkung von Pflanzenextrakten auf die Infektion durch FM in Gartenkresse. Auf Grund der begrenzt zur Verfügung stehenden Mengen der im Soxhlet-Verfahren selbst hergestellten Extrakte und der vorhandenen Laborkapazitäten, wurden Gefäßversuche durchgeführt. In Gefäßversuchen werden weniger Mittel benötigt als im Parzellenversuch. Darüber hinaus ist eine bessere Reproduzierbarkeit der Ergebnisse möglich.

**Tab. 74:** Ergebnisse der FM-Bonituren an Garten-Kresse im Gefäßversuch 1 (nicht-infizierter Boden), Rauschholzhausen 2014

Variante	Bonitur Falscher Mehltau (1 – 9)				
	10.06.14	20.06.14	29.06.14	09.07.14	17.07.14
Kontrolle	1	1	2	3	4
Wasser	1	1	3	4	4
Süßholz	1	1	1	1	2
Anis	1	1	2	2	3
Origanum	1	1	1	2	2
Hopfen	1	1	1	1	2
Melisse	1	1	2	2	3

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass am 29. Juni 2014 die ersten Symptome beobachtet wurden, die an Pflanzen der Kontrolle, der Wasser-Applikation und auch in den Varianten mit Anis und Melisse auftraten (Tab. 74). Bis zum Ende des Versuches (17. 07. 2014) nahm die Infektion in diesen Varianten leicht zu. Bei einer Anwendung von Extrakten aus Süßholz, Origanum und Hopfen war ein verzögerter Beginn der FM-Infektion festzustellen (Tab. 74).

**Tab. 75:** Ergebnisse der FM-Bonituren im Gefäßversuch 2 (infizierter Boden aus der Praxis, Boden aus dem Öko-Betrieb Hessen-Mitte), Rauischholzhausen 2015

Variante	Bonitur Falscher Mehltau (1-9)				
	05.04.15	12.04.15	19.04.15	27.04.15	05.05.15
Kontrolle	1	2	2	4	4
Wasser	1	2	4	5	6
Süßholz	1	1	1	1	3
Anis	1	2	2	3	4
Origanum	1	1	1	2	3
Hopfen	1	2	1	2	3
Melisse	1	2	3	4	3

Im Gefäßversuch, der im Jahr 2015 mit infiziertem Boden durchgeführt wurde, konnten die Pflanzen-Extrakte aus Süßholz, Origanum und Hopfen ebenfalls die Infektion mit FM hinauszögern (Tab. 75). Am Ende dieses Versuchs setzte aber auch in diesen Varianten die FM-Infektion ein, die vermutlich durch Sekundärinfektion des Erregers ausgelöst oder verstärkt wurde.

#### **Laborversuch mit Allium-Extrakten**

Wie im Methodenteil dargestellt, wurde dieser Versuch im Institut für Phytopathologie der JLU Gießen (Dr. Imani) durchgeführt. An den Kresse-Samen (unbehandelt) konnten zwei unterschiedliche Schadpilze beobachtet werden (Imani, 2015). Die molekularbiologische Identifizierung dieser Pilze steht noch aus. Die Behandlung der Kresse-Samen mit „Veg-Lys“ bewirkte eine deutliche Verminderung der Kontamination mit Schadpilzen an der Samen-Oberfläche der Garten-Kresse. Es wird somit davon ausgegangen, dass der Allium-Extrakt „Veg-Lys“ unter den gegebenen Bedingungen eine fungistatische oder fungizide Wirksamkeit besitzt.

#### **4. 2. 8 PCR-Nachweis von Falschem Mehltau in Samenproben der JLU Gießen**

Die durchgeführte PCR-Analyse ergab, dass sowohl das Ausgangssaatgut der Versuche 2012 „Einfache Kresse“ als auch die Samen der Ernte 2012 aus allen Feld- und Gefäßversuchen der JLU Gießen mit *Perofascia lepidii* infiziert waren. Auffallend ist, dass ebenfalls bei einer Saatgut-Variante, bei der kein Falscher Mehltau beobachtet werden konnte (Boniturnote 1), der Schaderreger *Perofascia lepidii* nachgewiesen wurde. In dem Saatgut, das für den Feldversuch 2013 verwendet wurde („Großblättrige Kresse“) wurde nach diesen Ergebnissen kein *Perofascia lepidii* detektiert (Tab. 76).

**Tab. 76:** PCR-Nachweis (durchgeführt von IdentXX) von *Perofascia lepidii* in Saatgutproben aus Versuchen der JLU Gießen

<b>Nr.</b>	<b>Herkunft</b>	<b>Anmerkungen</b>	<b><i>P. lepidii</i></b>
1	G 250 50840/12 (Einfache Kresse)	Verwendet 2012 & 2013	Nachweis positiv
2	G 251 50945/12 (Großblättrige Kresse)	Verwendet 2013	Nachweis negativ
3	G 251 50945/12 Wasserdampfbeh. 65°	Verwendet 2013	Nachweis negativ
4	G 251 50945/12 Wasserdampfbeh. 68°	Verwendet 2013	Nachweis negativ
5	G 251 50945/12 Elektronenbehandlung 1	Verwendet 2013	Nachweis negativ
6	G 251 50945/12 Elektronenbehandlung 2	Verwendet 2013	Nachweis negativ
<b>Saatzeitenversuch</b>			
7	Gefäß-Nr. 1601 (1. Aussaat)	Boniturnote FM 2 (11.07.2012)	Nachweis positiv
8	Gefäß-Nr. 1615 (5. Aussaat)	Boniturnote FM 5 (11.07.2012)	Nachweis positiv
	Saatgutbehandlung		
9	Gefäß-Nr. 133, trocken, unbehandelt, Marold	Boniturnote FM 1 (27.07.2012)	Nachweis positiv
10	Gefäß-Nr. 107, normal, WD 65, Marold	Boniturnote FM 4 (27.07.2012)	Nachweis positiv
11	Gefäß-Nr 228, feucht ab schossen, EB 2, Herkunft Marold	Boniturnote FM 9 (27.07.2012)	Nachweis positiv
<b>Feldversuch 2012</b>			
12	22 a, WD 65, 200 Körner	Boniturnote FM 7 (31.07.2012)	Nachweis positiv
13	44 a, EB 1, 400 Körner	Boniturnote FM 7 (31.07.2012)	Nachweis positiv

#### 4. 3 Ergebnisse des Teil-Projekts IGZ (2810OE116)

##### 4. 3. 1 Nachweis der Erreger mittels PCR-Analyse

Die etablierten Art-spezifischen PCR-Systeme wurden zum Nachweis der Erreger an verschiedenen Saatgutpartien eingesetzt und das Ergebnis mittels Grow-Out-Tests verifiziert (Tab. 81 und 82).

Für die Validierung des Stichprobenumfangs wurde die Saatgutpartie „Herkunft Bienert“ (Tab. 82) verwendet und wiederholt. Nach Entnahme von 18 Teilproben von je 1000 Körnern war in zwei unabhängigen Tests in einer Probe ein positiver Nachweis von *P. lepidii* in einer belasteten Saatgutcharge (200 g) möglich.

##### 4. 3. 2 Biologie von *Perofascia lepidii*

###### Einfluss der Temperatur auf die Keimfähigkeit von *P. lepidii* Sporen *in vitro*

Die Ergebnisse zeigen, dass die Keimung sowohl der frischen als auch gefrorenen Sporen (Abb. 59) signifikant von der Temperatur beeinflusst wird (Tab. 77). Bei 5 °C waren die höchsten Keimraten zu verzeichnen gefolgt von 10 °C. Zwei Drittel der Sporen keimten bereits nach 8 Stunden. Bei Temperaturen höher als 10 °C war nur eine geringe Keimrate gegeben. Die Keimrate der zuvor gefrorenen Sporen war deutlich geringer im Vergleich zu frischen Sporen (Tab. 77).

**Tab. 77:** Einfluss der Temperatur (5, 10, 15, 20, 25 und 30 °C) auf die Keimungsrate (KR) der Sporen von *Perofascia lepidii* nach einer Inkubationszeit von 4, 8, 12, 24 und 48 Stunden; HSD (Tukey-Test)  $\alpha = 0,05$ .

Temperatur [°C]	KR frischer Sporen [%]						KR gefrorener Sporen [%]					
	Inkubationszeit [h]						Inkubationszeit [h]					
	4	8	12	24	48	$\bar{x}$	4	8	12	24	48	$\bar{x}$
5	1.7	31.0	42.7	42.7	42.7	32.1 a	1.5	17.8	25.5	29.3	30.0	20.8 a
10	1.0	19.0	28.7	29.7	29.7	21.6 b	1.0	10.7	18.3	19.8	20.0	14.0 b
15	0.3	0.7	1.0	1.0	1.0	0.8 c	0.5	1.0	1.2	1.2	1.2	1.0 c
20	0.7	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2 c	0.5	0.8	1.0	1.0	1.0	0.9 c
25	0.3	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6 c	0.3	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6 c
30	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3 c	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2 c
HSD <sub>temp</sub>	5.7						3.6					
HSD <sub>temp x Zeit</sub>	17.2						10.9					



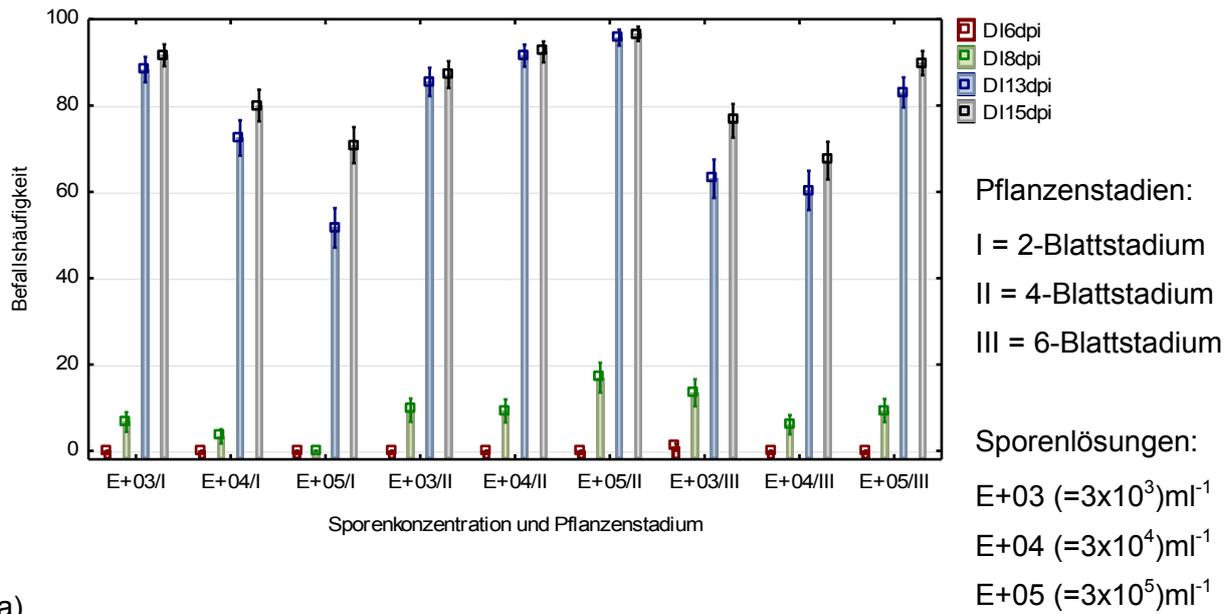
**Abb. 59:** Sporen und Sporenträger von *Perofascia lepidii*, 200-fache Vergrößerung.

Einfluss der Inokulumdichte, Inokulumart (frische und gefrorene Sporen) und des Pflanzenalters auf das Krankheitsauftreten

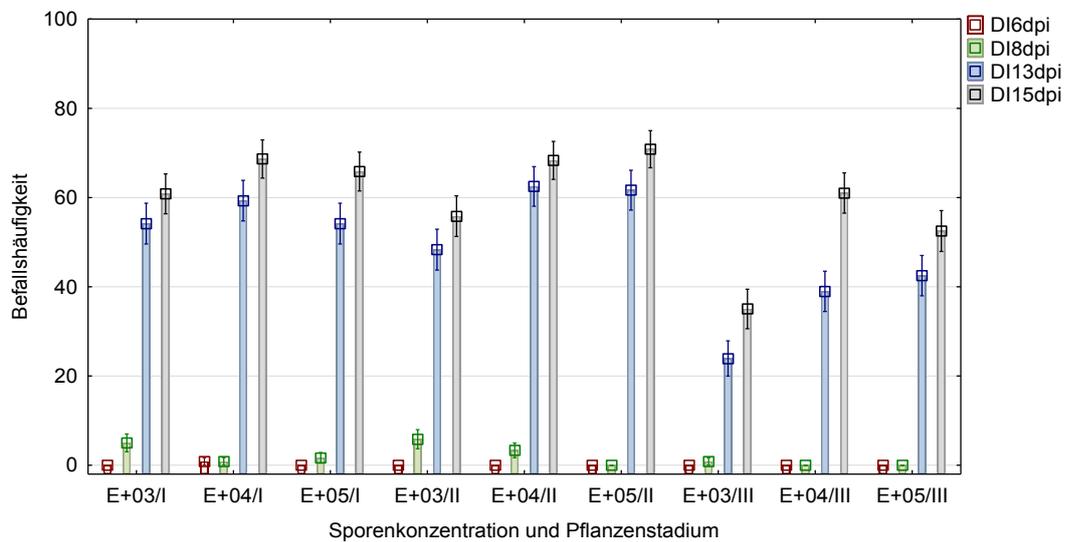
Erste Krankheitssymptome waren generell 8 Tage nach der Erregerinokulation festzustellen. Ein fortgeschrittener Befall des FM war bereits 13 Tage nach Inokulation (dpi) gegeben (Abb. 60). Kressepflanzen inokuliert im 4-Blattstadium wiesen 6 Tage nach der Erregerinokulation eine höhere BH und BS auf im Vergleich zu pflanzen inokuliert im 2- und 6-Blattstadium. Die Applikation von frischen Sporen führte zu einer höheren BS und BH im Vergleich zur Inokulation von zuvor eingefrorenem Sporenmaterail. Ein signifikanter Einfluss der Sporenkonzentration auf die BH und BS konnte jedoch unter den verschiedenen Blattstadien zu keinem Boniturzeitpunkt beobachtet werden. Nach Inokulation der Pflanzen im 8-Blattstadium mit Sporen von *P. lepidii* war 15 dpi eine deutliche geringere BS zu beobachten (Abb. 61 und 62). In den nachfolgenden Versuchen wurde mit Kressepflanzen im 4-Blattstadium und eingefrorenem Sporenmaterail gearbeitet.



**Abb. 60:** Mit *Perofascia lepidii* befallene Gartenkressepflanzen 13 Tage nach Inokulation (dpi) des Erregers.

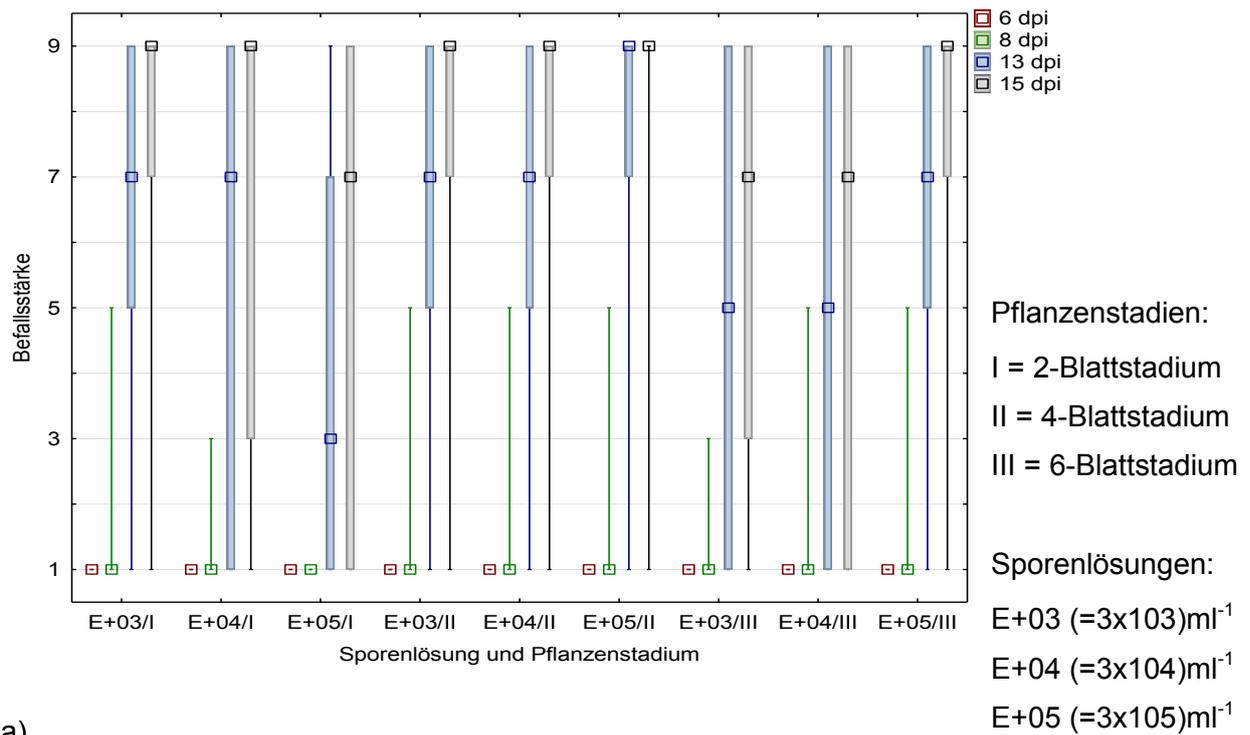


a)

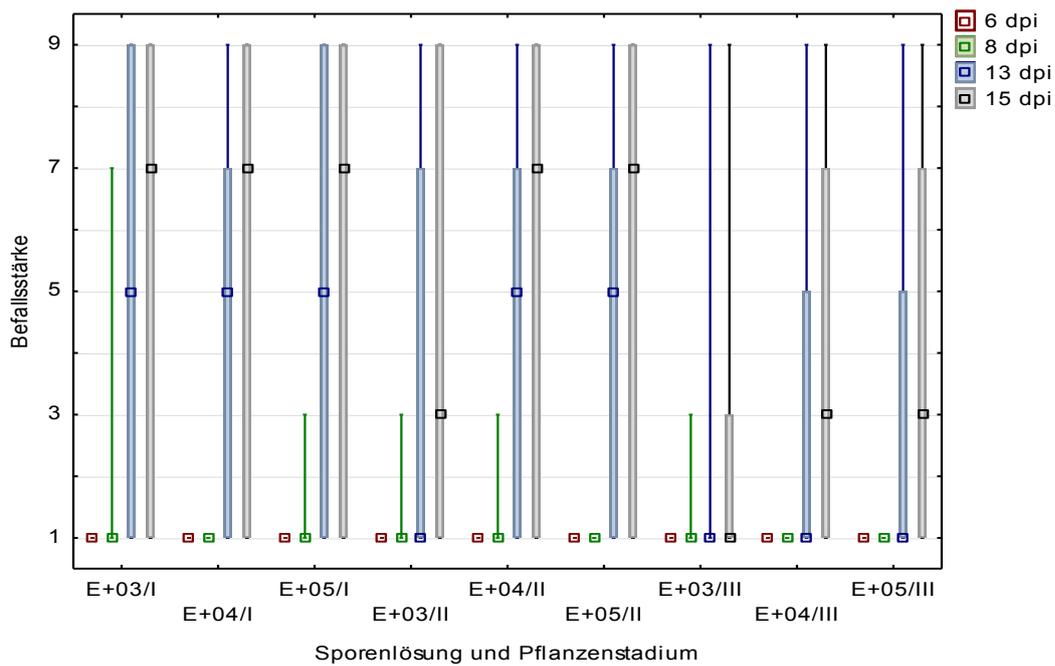


b)

**Abb. 61:** Befallshäufigkeit (BH) des FM an Kresse in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium der Pflanze und der Inokulumsdichte ( $3 \times 10^3$ ,  $3 \times 10^4$  und  $3 \times 10^5$  Sporen ml<sup>-1</sup>) von frischen (Abb. 61 a) und gefrorenen (Abb. 61 b) Sporen von *Perofascia lepidii*. BH 6, 8, 13 und 15 Tage nach Inokulation (dpi) des FM-Erregers.



a)

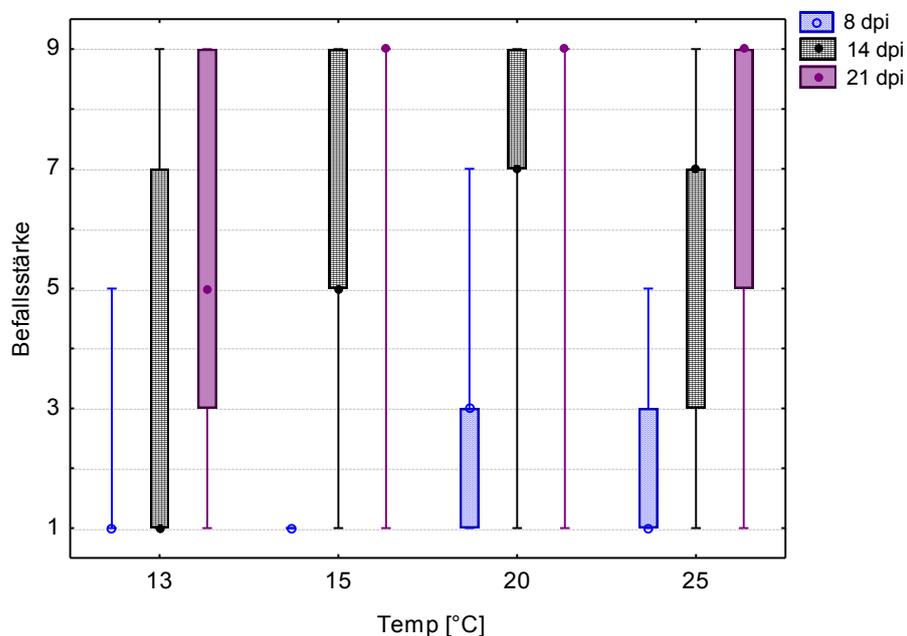


b)

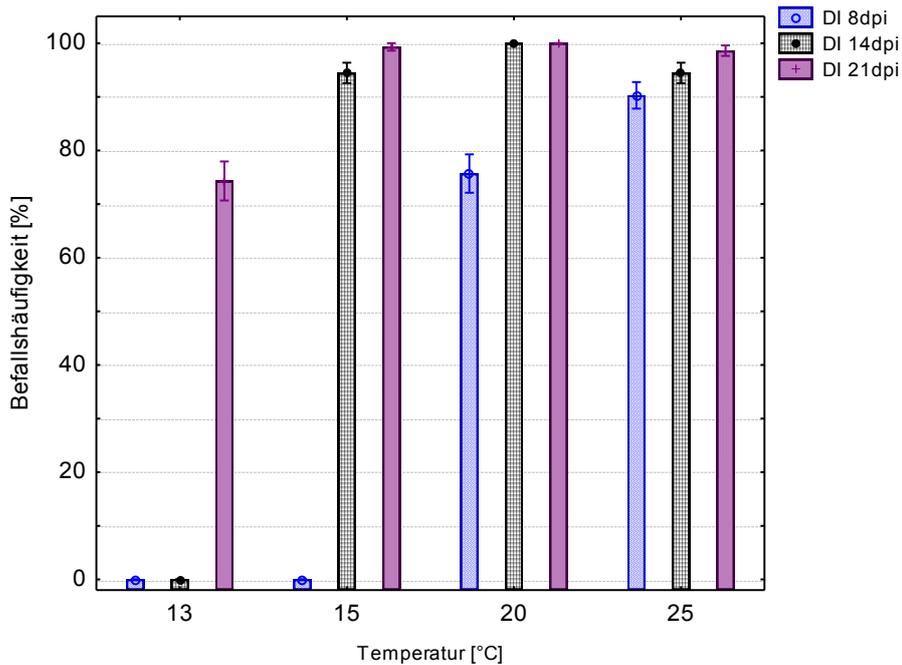
**Abb. 62:** Befallsstärke (BS) des FM an Kresse in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium der Pflanze und der Inokulumdichte ( $3 \times 10^3$ ,  $3 \times 10^4$  und  $3 \times 10^5$  Sporen ml<sup>-1</sup>) von frischen (Abb. 62 a) und gefrorenen (Abb. 62 b) Sporen von *Perofascia lepidii*. BH 6, 8, 13 und 15 Tage nach Inokulation (dpi) des FM-Erregers.

## Einfluss der Temperatur nach der Erregerinokulation auf die Krankheitsentwicklung von *Perofascia lepidii*

Bei allen untersuchten Temperaturbedingungen (10, 15, 20 und 25 °C) war eine Krankheitsentwicklung des FM an der Kresse zu beobachten. Der Befallsverlauf (BH und BS) von *P. lepidii* an der Kresse wurde signifikant von der Temperatur beeinflusst. Drei Wochen nach der Erregerinokulation war bei einer Postinokulationstemperatur von 13 °C und nachfolgender Kultivierung bei 13/8 °C ein deutlich geringer Befall (BS3) gegeben, während ein starker Krankheitsbefall (BS9) bei einer Postinokulationstemperatur von 15, 20 und 25 °C und nachfolgender Kultivierung bei 15/10 °C, 20/15 °C und 25/20 °C zu verzeichnen war (Abb. 63). Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, dass mit zunehmender Temperatur Symptome des FM frühzeitiger auftreten. So wurde bereits 8 Tage nach der Inokulation des Erregers bei Kultivierungsbedingungen von 20/15 °C und 25/20 °C ein Befall ermittelt im Gegensatz zu einer Temperatur von nur 13 °C. Eine Temperatur von 20 °C nach der Erregerinokulation und nachfolgender Kultivierung bei einer Tag-/Nachttemperatur von 20/15 °C erwiesen sich am günstigsten für die Krankheitsentwicklung mit *P. lepidii*. In den nachfolgenden Versuchen wurde mit diesen Temperaturbedingungen gearbeitet.



a)



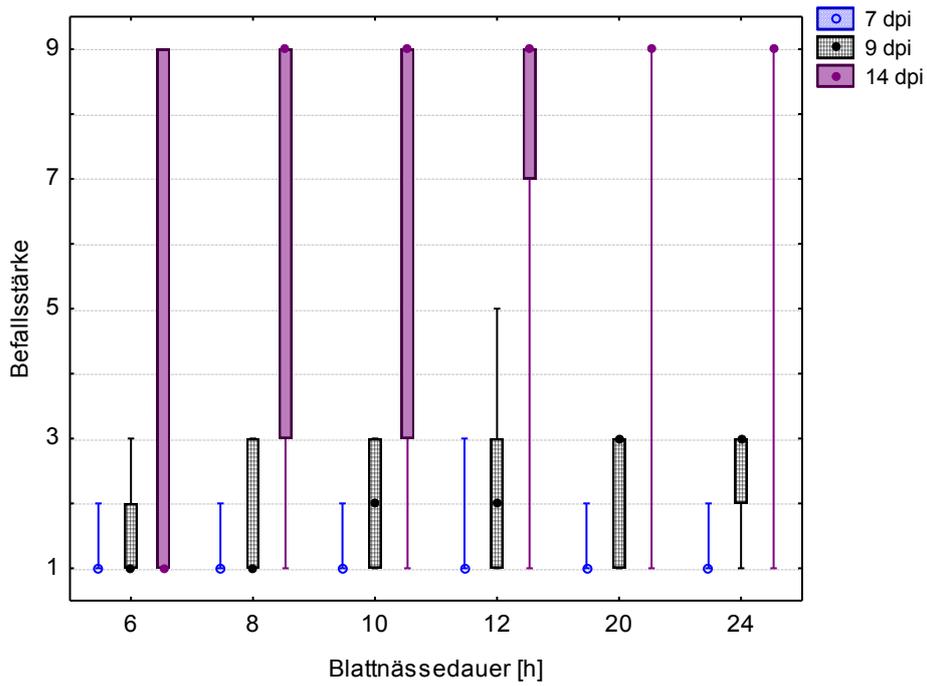
b)

**Abb. 63:** Einfluss der Temperatur nach der Inokulation von *Perofascia lepidii* (dpi) auf die Befallsstärke (BS) (a) und Befallshäufigkeit (BH) (b) des FM an der Kresse.

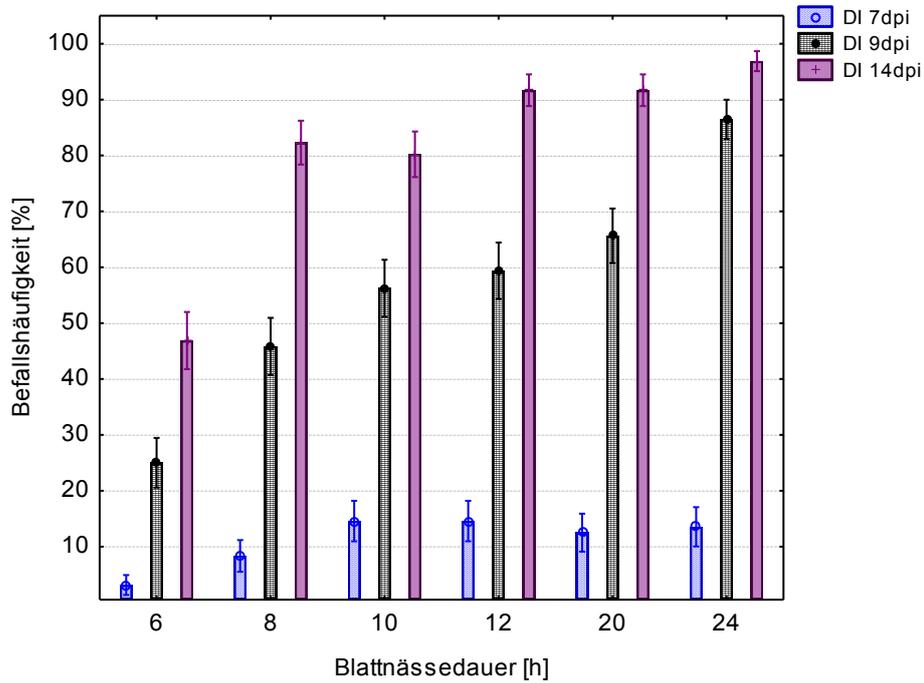
#### Einfluss der Blattnässedauer auf die Krankheitsentwicklung von *Perofascia lepidii*

Die Ergebnisse des ersten Versuches zeigten, dass eine hohe Luftfeuchtigkeit von mehr als 6 h Voraussetzung für eine Infektion des Erregers an der Kresse und für die nachfolgende Krankheitsentwicklung war. Sieben Tage nach Inokulation von *P. lepidii* waren in allen Varianten von mehr als 6 h Inkubationsdauer bei hoher Luftfeuchtigkeit erste Symptome (beginnende Verdickungen am Spross) des FM an der Gartenkresse zu verzeichnen (Abb. 64). Bei einer Inkubationsdauer von mehr als 8 h hoher Luftfeuchtigkeit erfolgte eine sehr rasche Krankheitsentwicklung. In diesen Varianten war eine hohe BS (BS9) bereits 14 dpi zu beobachten. In einem weiteren Versuch wurde die für eine Infektion des Erregers notwendige Mindest-BD ermittelt. Erste Krankheitssymptome waren ebenfalls 7 dpi und mit nachfolgender Krankheitsentwicklung zu beobachten. Bei Blattnässeperioden von weniger als 3 h war 14 dpi eine BH von 25 bis 50% gegeben, wobei einzelne Pflanzen eine hohe BS aufwiesen (BS 9) (Abb. 65 a). Bei einer Inkubationsdauer von mehr als 4 h war 14 dpi eine BS von 7-9 gegeben (Abb. 65 a).

Die Ergebnisse der Versuche zeigen, dass die BD mit der Krankheitsentwicklung von *P. lepidii* korreliert.

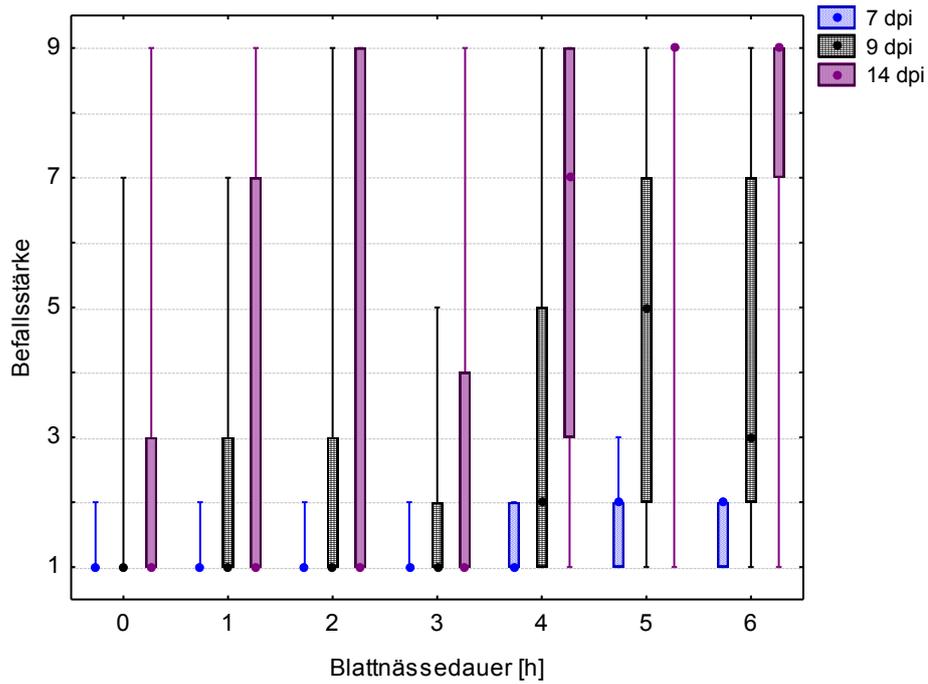


a)

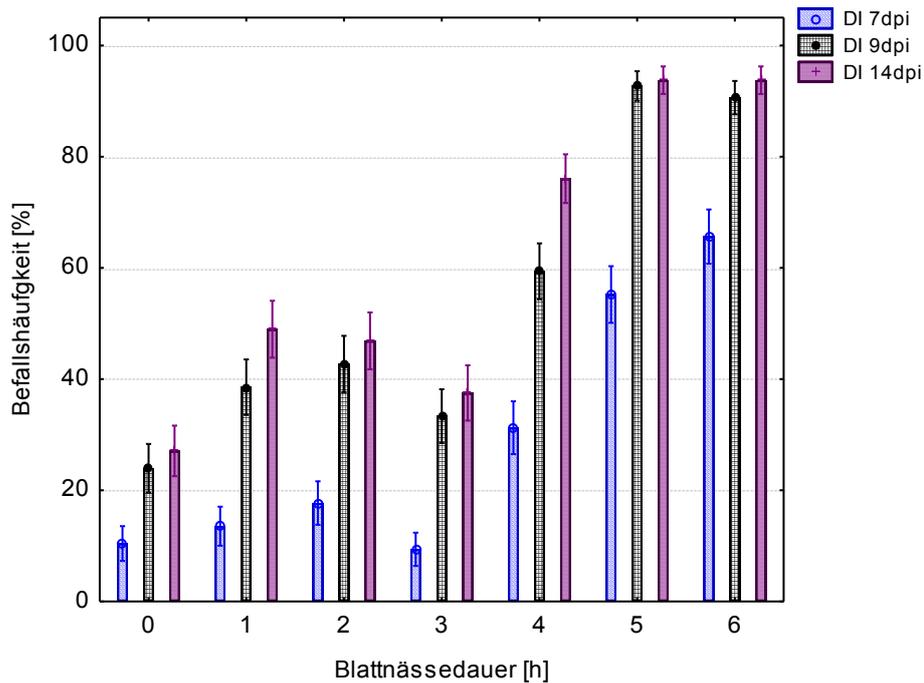


b)

**Abb. 64:** Einfluss der Blattnässedauer (6, 8, 10, 12, 20 und 24 h) auf die (a) Befallshäufigkeit (BH) und (b) Befallsstärke (BS) des Falschen Mehltaus nach Inokulation von Kresse mit dem Erreger *Perofascia lepidii* ( $3 \times 10^5$  Sporen  $\text{ml}^{-1}$ ) 7, 9 und 14 Tage nach Inokulation dpi.



a)

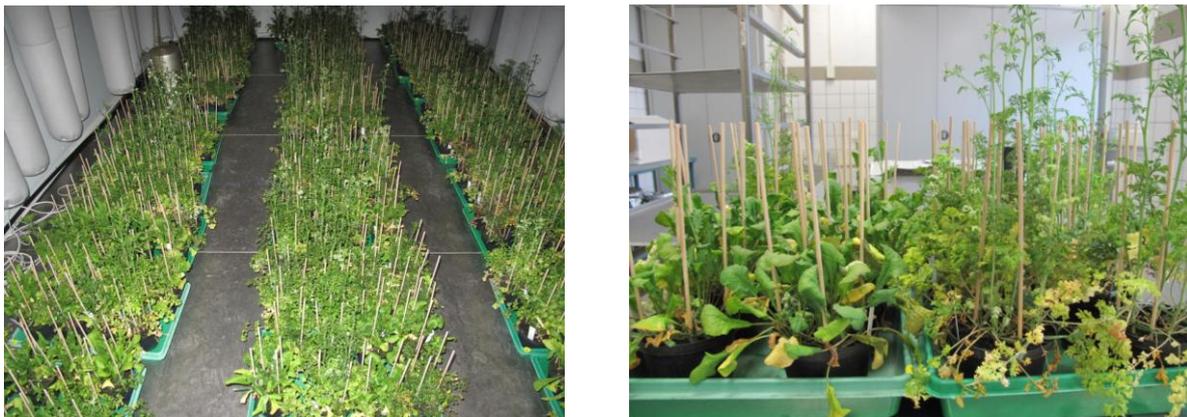


b)

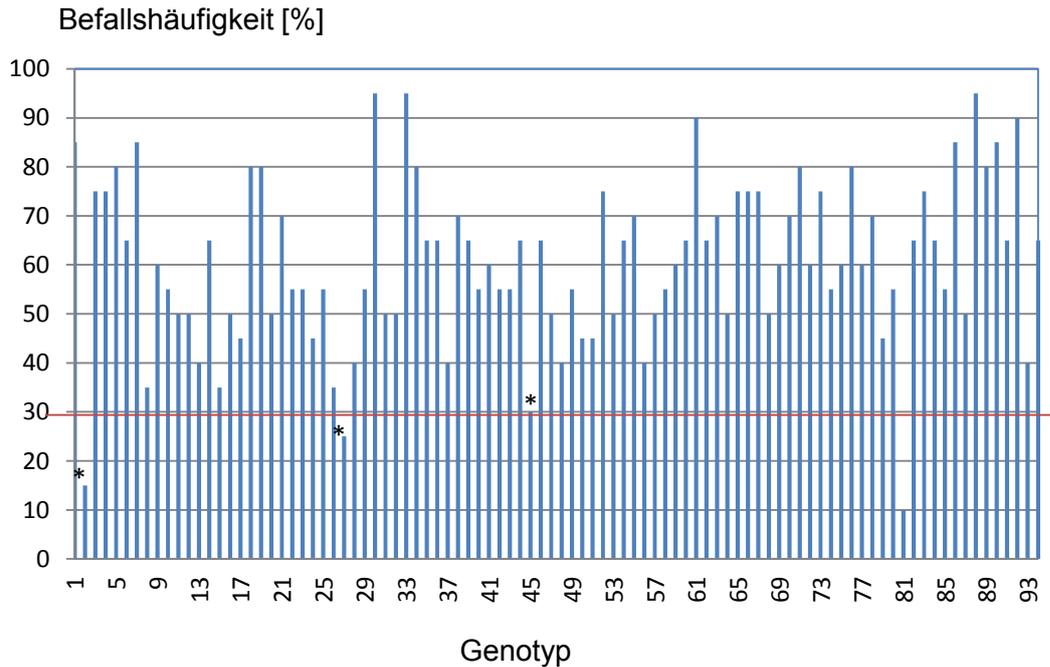
**Abb. 65:** Einfluss der Blattnässedauer (1, 2, 3, 4, 5, 6 und 0 h) auf die Befallshäufigkeit (BH) (a) und Befallsstärke (BS) (b) des Falschen Mehltaus nach Inokulation von Kresse mit dem Erreger *Perofascia lepidii* ( $3 \times 10^5$  Sporen  $\text{ml}^{-1}$ ) 7, 9 und 14 Tage nach Inokulation (dpi).

#### 4. 3. 3 Resistenz von Kresse-Genotypen gegen *P. lepidii*

Insgesamt wurden 93 Kresse-Akzessionen (Genbank IPK Gatersleben, Tab. 78) auf ihre Empfindlichkeit gegenüber dem FM geprüft (Abb. 66). Darunter befanden sich unterschiedliche *Lepidium* Varietäten wie *L. sativum* var. *sativum*, *L. sativum* var. *latifolium*, *L. sativum* var. *crispum* aus verschiedenen Ursprungsländern. Die Resistenzprüfung erfolgte unter kontrollierten Bedingungen auf der Basis der Biologie des Erregers bzw. krankheitsbegünstigenden Bedingungen. Je 20 Pflanzen des jeweiligen Genotyps wurden im 4-Blatt-Stadium mit Sporen von *P. lepidii* ( $3 \times 10^5$  Sporen  $\text{ml}^{-1}$ ) inokuliert und bei 20 °C und rLF von nahezu 100% für 20 h im Dunkeln inkubiert. Anschließend wurden die Pflanzen bei 20/15 °C (16/8 h Tag-/Nachtrhythmus), einer rLF von 75% und einer Lichtintensität von  $400 \mu\text{Mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  kultiviert. Als Referenzgenotyp diente die Sorte *L. sativum* var. *sativum* ‚Cressida‘, die in alle Prüfungen als Referenz einbezogen wurde. Die Bonitur der BH der Kresse-Genotypen mit dem FM erfolgte 21 Tage nach Inokulation des Erregers. Um eine sichere Krankheitserfassung zu ermöglichen, wurde die Sporulation durch Inkubation der Pflanzen für 18 h unter Plastikhauben bei einer rLF von ca. 100% induziert. Alle Kresse-Genotypen sind als anfällig einzustufen (Abb. 67). Beim Vergleich der Genotypen zeigten sich jedoch Unterschiede in der BH und BS. Vier Akzessionen (2x *L. sativum* var. *sativum*, 1x *L. sativum* var. *latifolium* und 1x *L. sativum* L.) fielen durch niedrige BS und BH (unter 30 %, rote Linie, Abb. 67) auf. Unter ihnen waren zahlreiche Pflanzen ohne Symptome aber auch einzelne Pflanzen mit einer hohen BS zu verzeichnen.



**Abb. 66:** Prüfung von *Lepidium*-Akzessionen auf Anfälligkeit gegen *Perofascia lepidii* in der Klimakammer



**Abb. 67:** Befallshäufigkeit (BH) von *Perofascia lepidii* an *Lepidium*-Akzessionen.

**Tab. 78:** *Lepidium*-Akzessionen aus Gatersleben, die auf Anfälligkeit gegenüber das *P. lepidii* Isolat Se 1-11 geprüft wurden.

Nr.	Blattform	Akzession	Ursprungsland
1		LEP 1	Afghanistan
#2		LEP 3	Griechenland
3		LEP 4	*
+4		LEP 8	*
5		LEP 9	*
6		LEP 17	*
7		LEP 23	Armenien
8		LEP 25	Italien
9		LEP 33	Libyen
10		LEP 38	Irak
11		LEP 39	Irak
12		LEP 40	Irak
13		LEP 41	Irak
14		LEP 42	Irak
15		LEP 44	Georgien
16		LEP 46	Italien
17		LEP 48	Georgien
18		LEP 50	Koreanische DVR
19	breitblättrig	LEP 54	Georgien
20	breitblättrig	LEP 58	Georgien
21		LEP 64	Georgien
22		LEP 65	Sowjetunion
23		LEP 66	Deutschland
24		LEP 67	Deutschland
25		LEP 68	Deutschland
26		LEP 69	Deutschland
#27		LEP 70	Deutschland
28		LEP 72	Deutschland

Nr.	Blattform	Akzession	Ursprungsland
51	breitblättrig	LEP 32	Georgien
52	breitblättrig	LEP 34	Georgien
53	breitblättrig	LEP 35	Georgien
54	breitblättrig	LEP 36	Georgien
55	breitblättrig	LEP 37	Irak
56	breitblättrig	LEP 43	Georgien
57	breitblättrig	LEP 45	Georgien
58	breitblättrig	LEP 47	Ukraine
59	breitblättrig	LEP 49	Georgien
60	breitblättrig	LEP 51	Georgien
61	breitblättrig	LEP 52	Georgien
62	breitblättrig	LEP 53	Georgien
63	breitblättrig	LEP 55	Georgien
64	breitblättrig	LEP 56	Georgien
65	breitblättrig	LEP 57	Georgien
66	breitblättrig	LEP 59	Georgien
67	breitblättrig	LEP 60	Georgien
68	breitblättrig	LEP 61	Tadshikistan
69	breitblättrig	LEP 62	Georgien
70	breitblättrig	LEP 63	Georgien
71	breitblättrig	LEP 75	Aserbaidshan
72	breitblättrig	LEP 76	Deutschland
73	breitblättrig	LEP 105	Georgien
74	breitblättrig	LEP 119	*
75	breitblättrig	LEP 120	Sowjetunion
76		LEP 5	*
77		LEP 12	*
78		LEP 14	*

29		LEP 73	Deutschland
30		LEP 74	Jemen
31		LEP 78	Deutschland
32		LEP 84	*
33		LEP 103	Österreich
34		LEP 114	*
35		LEP 117	*
36		LEP 118	*
37		LEP 121	*
38	breitblättrig	LEP 2	Afghanistan
39	breitblättrig	LEP 16	Afghanistan
40	breitblättrig	LEP 18	*
41	breitblättrig	LEP 20	Rußland
42	breitblättrig	LEP 21	Georgien
43	breitblättrig	LEP 22	DDR
44	breitblättrig	LEP 24	Armenien
#45	breitblättrig	LEP 26	Georgien
46	breitblättrig	LEP 27	Georgien
47	breitblättrig	LEP 28	Georgien
48	breitblättrig	LEP 29	Georgien
49	breitblättrig	LEP 30	Georgien
50	breitblättrig	LEP 31	Georgien

79		LEP 15	*
80		LEP 19	*
#81		LEP 116	*
82		LEP 86	*
83		LEP 102	*
84		LEP 104	Belorußland
85	breitblättrig	LEP 106	Aserbaidshan
86		LEP 107	Rußland
87	breitblättrig	LEP 108	Armenien
88		LEP 109	Aserbaidshan
89	breitblättrig	LEP 110	Rußland
90	breitblättrig	LEP 111	Georgien
91		LEP 115	*
92		LEP 126	Sowjetunion
93	breitblättrig	LEP 77	Türkei

<i>Lepidium sativum</i> var. <i>sativum</i>
<i>Lepidium sativum</i> var. <i>latifolium</i> DC.
<i>Lepidium sativum</i> L.
<i>Lepidium sativum</i> var. <i>crispum</i> (Medik.) DC

# = Akzessionen mit einer geringen Anfälligkeit gegenüber das *Perofascia lepidii* Isolat Se 1-11.

#### 4. 3. 4 Wirtspflanzenkreis von *Perofascia lepidii*

Unter den geprüften Wirtspflanzen aus der Familie der Brassicaceae waren keine anfälligen Pflanzen gegen das Stammisolat von *P. lepidii* zu beobachten (Tab. 79). Daher wird davon ausgegangen, dass der Erreger diese Brassica-Arten nicht befallen kann.

**Tab. 79:** Anfälligkeit von Brassica-Arten gegen *Perofascia lepidii* Se 1-11 in zwei Versuchen (V1 und V2).

Geprüfte Brassicaceae		Befall mit <i>P. lepidii</i>	
		V1	V2
<i>Sinapis nigra</i>	Schwarzer Senf	-	-
<i>Sinapis alba</i>	Weißer Senf	-	-
<i>Brassica juncea</i>	Sareptasenf	-	-
<i>Capsella bursa pastoris</i>	Hirtentäschel	-	-
<i>Brassica napus</i>	Winterraps	-	-
<i>Brassica rapa</i>	W-Rübsen	-	-
<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>pekinensis</i>	Chinakohl	-	-
<i>Raphanus sativus</i>	Radies ‚Rondar‘	-	-
<i>Raphanus sativus</i> var. <i>oleiformis</i>	Ölrettich	-	-
<i>Arabidopsis thaliana</i>	Acker-Schmalwand	-	-
<i>Cardamine pratense</i>	Wiesenschaumkraut	-	-
<i>Nasturtium officinale</i>	Brunnenkresse	-	-
<i>Cardaria draba</i>	Pfeilkresse	n.u.*	n.u.*
<i>Lepidium sativum</i>	Gartenkresse	+	+

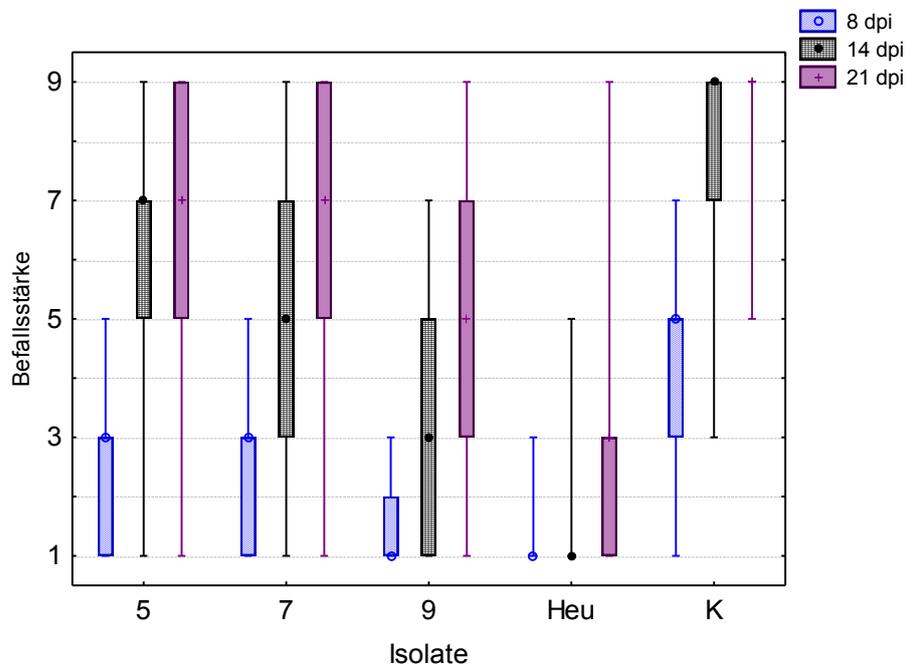
\* Aufgrund unzureichender Keimfähigkeit des Saatgutes konnte die Anfälligkeit von Pfeilkresse nicht geprüft werden.

#### 4. 3. 5 Aufbau einer Stammsammlung von Isolaten und Pathogenitätsprüfung

Im Vergleich zum Stammisolat (K) erwiesen sich die vier geprüften Isolate (5, 7, 9, Heu) zunächst als weniger aggressiv, doch 21 dpi zeigten die Isolate 5 und 7 eine zum Stammisolat (K) vergleichbare hohe BS (Abb. 68). Das Isolat Heu zeigte im Durchschnitt eine geringe Aggressivität.

**Tab. 80:** Herkunft von *P. lepidii* Isolaten

Isolat	Herkunft/Jahr
4	Bad Schwalbach – Boden 2011
5	Seelbach – Boden 2011
7	Michelbach 2 – Boden 2011
9	Michelbach 2 – Boden 2011
Heu (Se 2-12)	Seelbach – Pflanzenproben 2012
K (Se 1-11)	Seelbach – Pflanzenproben 2011



**Abb. 68:** Befallsstärke (BS) von *Perofascia lepidii* Isolaten 5, 7, 9 und Heu und des Stammisolates Se 1-11(K) an der Kresse (cv. Cressida).

#### 4. 3. 6 Übertragung von *P. lepidii* auf das Saatgut

Mittels art-spezifischer PCR konnte an Stichproben aus Saatgutchargen, geerntet von künstlich mit dem FM-Erreger inokulierten Kressepflanzen und von Ökoplant bereitgestelltem Saatgut (BP1-24), die Präsenz von Erreger DNA (*P. lepidii*) nachgewiesen werden (Tab. 81). Im Gegensatz wurden im Grow-out Test 7 Wochen nach Aussaat keine mit FM erkrankte Pflanzen beobachtet.

Da die Grow-out-Tests unter den oben beschriebenen kontrollierten Bedingungen zu keinem Herauswachsen des Erregers aus der Pflanze führten, wurden einige Bedingungen des Grow-out-Tests verändert und geprüft:

- Erhöhung der Pflanzenanzahl pro Topf (von 1 auf 5 und 10),
- Kultivierung der Pflanzen zusätzlich in Löss und Auenlehm bei 15 °C (zuvor 20 °C) bei natürlichem Licht (in Vegetationshalle), Erhöhung der rLf auf 80%.

Ein Nachweis des FM war auch unter den veränderten Kultivierungsbedingungen nicht möglich.

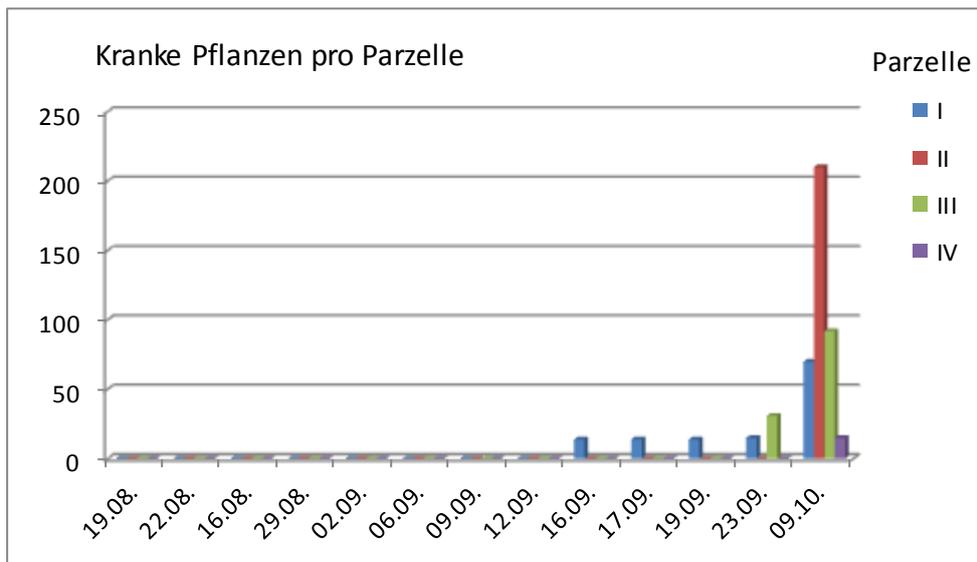
**Tab. 81:** Nachweis des Falschen Mehltau Erregers *Perofascia lepidii* am Saat sowie am Stängel mittels PCR und Grow-out Tests in der Klimakammer nach einer Kulturdauer von 7 Wochen; (+ Nachweis von *P. lepidii*; - kein Nachweis von *P. lepidii*; n.u. = nicht untersucht).

Saatgut-partie	Sorte/Herkunft	Grow-out-Test	PCR Saatgut	PCR Stängeln
BP1,3, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 18, 22, 23, 24	'Cressida'; Ökoplant 2012	-	+	-
BP2, 4, 5, 6, 7, 11, 16, 17, 19, 20, 21,	'Cressida'; Ökoplant 2012	-	-	-
BK1*	Breitblättrige Kresse; Topf; IGZ 2012	-	+	-
BK2*	Breitblättrige Kresse; Topf; IGZ 2012	-	+	+
BK3*	Breitblättrige Kresse; Topf; IGZ 2012	-	-	-
U922	Bingenheimer Saatgut AG	-	n.u.	n.u.
ILL10	'Cressida'; Ökolandwirtschaft Marold	-	+	+
EiS/KPA1*	'Cressida'; Feld; IGZ 2012	-	+	-
EiS/KPA2*	'Cressida'; Feld; IGZ 2012	-	n.u.	n.u.
BP1, 2, 3, 4, 8, 9, 12, 15, 22, 23	'Cressida'; Ökoplant 2013	-	-	n.u.
BP10, 11, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 24, 25	'Cressida'; Ökoplant 2013	-	+	n.u.
IGZ 8, 22, 32, 36, 47, 56, 63, 68, 88, 96, 97, 125	'Cressida'; künstl. Infektion im Gewächshaus 2013	-	n.u.	n.u.

\* = künstliche Infektion in IGZ

### Nachweis von *Perofascia lepidii* am Saatgut unter Feldbedingungen

An auf Auenlehm ausgesätem Saatgut (Proben BP1, 2, 3, 4 und 6, Ökoplant) und kultivierten Pflanzen konnten vier Wochen nach der Aussaat Symptome des FM beobachtet werden. Ausgehend von diesen Pflanzen verbreitete sich der Erreger nachfolgend im Bestand, so dass sieben Wochen nach der Aussaat eine BH von 50 % im Bestand gegeben war (Abb. 69, Tab. 82). Während der Vegetation 2014 waren keine mit FM erkrankten Pflanzen zu beobachten.



**Abb. 69:** Befallshäufigkeit von mit FM erkrankten Kressepflanzen in Auenlehm-Kastenparzellen (I, II, III und IV) nach Aussaat (19.08.2013) von Kresse aus Saatgutchargen, die von mit FM belasteten Praxisschlägen stammten.

**Tab. 82:** Nachweis des Erregers *Perofascia lepidii* an Kressepflanzen nach Aussaat von Samen im Feld und in der Klimakammer mittels PCR am Stängel nach einer Kulturdauer von 7 Wochen; (+ Nachweis von *P. lepidii*; - kein Nachweis von *P. lepidii*; n.u. = nicht untersucht).

Saatgutpartie	Herkunft	Grow-out Test Feld*	Grow-out Test Klimaschrank	PCR Saatgut	PCR Stängel Feld	PCR Stängel Klimaschrank
1 (A)	Herkunft Bienert, heissdampfbehandelt	-	-	-	+	-
2 (B)	Herkunft Marold	-	-	+	+	-
3 (C)	Herkunft Abtei Maria Frieden	-	-	-	+	+
6 (F)	Herkunft Keller	-	-	+	+	-
8 (D)	Herkunft Konventionell	-	-	+	+	-
9 (E)	Herkunft Bienert, unbehandelt	-	-	-	+	-
BP1, 2, 3, 4, 6	'Cressida'; Ökoplant 2012	+	siehe Tab. 6	siehe Tab. 6	n.u.	-
BP5, 7-24	'Cressida'; Ökoplant 2012	-	siehe Tab. 6	siehe Tab. 6	n.u.	-
EIS/KPA1/2	'Cressida'; Feld; IGZ 2012	-	siehe Tab. 6	siehe Tab. 6	siehe Tab. 6	siehe Tab. 6

\*bis ca.7 Tage nach Erstauftreten der Erstinfektion im Bestand

Nach Aussaat der sechs Saatgutchargen (bereitgestellt von Bingenheimer Saaten AG) auf Auenlehm/IGZ 2014 konnte kein FM an Kressepflanzen während der Vegetation nachgewiesen werden. Auffallend waren jedoch teilweise krumme und verdrehte Pflanzen. Ab 13.06.2015 wurde das Auftreten von *Albugo lepidii*, der Erreger des WR, der zunächst in den Saatgutchargen aus der Herkunft Abtei Maria Frieden und Herkunft Maria Bienert/unbehandelt auftrat, beobachtet. In den jeweils fünf Stängeln pro Saatgutcharge, die auf *P. lepidii* DNA geprüft wurden, konnte bei allen Stängelproben der Erreger des FM nachgewiesen werden.

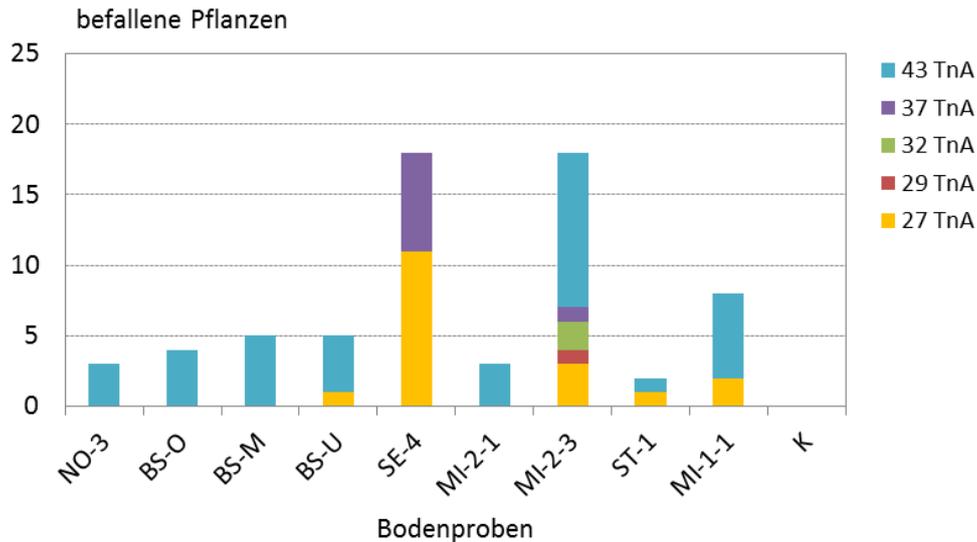
#### 4. 3. 7 Nachweis von *Perofascia lepidii* im Boden

In allen untersuchten Bodenproben konnte der Erreger *P. lepidii* nachgewiesen werden. Erste Symptome waren 27 Tage nach der Aussaat zu beobachten (BBCH 16-18). Die höchste BH an mit FM erkrankten Pflanzen war in den Bodenproben SE-4 und MI-2-3 gegeben (Abb. 70). In Pflanzen ohne Symptome konnte weder der Erreger des FM noch des Weißen Rosts mittels PCR nachgewiesen werden.

**Tab. 83:** Herkunft der Bodenproben und Angaben zur Kontamination des geernteten Saatgutes mit *Perofascia lepidii* mittels PCR.

<b>Bez.</b>	<b>Standort</b>	<b>Boniturpunkt</b>	<b>Nachweis (PCR*)</b>
NO-3	Nottleben	BP 3	keine Kontamination nachweisbar
BS-O	Bad Schwalbach	oben	starker Befall im Jahr 2009, keine Information über eine Kontamination des Saatguts
BS-M	Bad Schwalbach	mittig	
BS-U	Bad Schwalbach	unten	
SE-4	Seelbach	BP4	starker Befall in 2010, nachgewiesene Kontamination des Saatguts mit <i>P. lepidii</i>
MI-2-1	Michelbach	BP1	keine Kontamination nachweisbar
MI-2-3	Michelbach	BP3	starker Befall in 2010, nachgewiesene Kontamination des Saatguts mit <i>P. lepidii</i>
ST-1	Steckenroth	Steck 1	keine Kontamination nachweisbar
MI-1-1	Michelbach	"BP1"	
K	Kontrolle		

\*durchgeführt von IDENTXX



**Abb. 70:** Nachweis von *Perofascia lepidii* im Boden, entnommen aus dem kommerziellen Anbau von Kresse. Ermittelt wurde die Anzahl befallener Pflanzen bis 43 Tage nach der Aussaat (TnA) und Kultivierung unter krankheitsbegünstigenden Bedingungen.

#### Überdauerung von *Perofascia lepidii* im Boden

Nicht in allen untersuchten Bodenproben konnte der Erreger *P. lepidii* nachgewiesen werden (Tab. 84). Die höchste BH an mit FM erkrankten Pflanzen war in den Bodenproben Ma 4.3 und Ma 6 zu beobachten. Der Nachweis von *P. lepidii* in den Bodenproben Ma 1.4 und Ma 4.2, entnommen im Jahr 2013 nach einer Anbaupause der Kresse von 7 bzw. 6 Jahren, lassen die Schlussfolgerung zu, dass der Erreger 6 bis 7 Jahre im Boden überdauern kann (Tab. 84). Eine Infektion der Kresse mit *P. lepidii* über die Wurzel ist daher nicht ausgeschlossen. Da die Bodenproben zufällig vom Feld genommen wurden, ist anzumerken, dass die Ergebnisse nur Aussagen zu den untersuchten Stichproben erlauben.

**Tab. 84:** Nachweis von *Perofasci lepidii* im Boden von Schlägen, auf denen seit 1995 Kresse vermehrt wurde.

Boden- probe	Vermehrung von Kresse auf Betriebsflächen in den Anbaujahren	Befall*	Nachweis im Boden**
Ma 1.2	2005	Nesterweises Auftreten	-
Ma 1.3	2002	Kein Befall	-
	2006	Total-Befall	
Ma 1.4	2000	Kein Befall	+
	2006	Total-Befall	
Ma 1.1	2003	Kein Befall	-
	2007	Total-Befall	
Ma 4.2	2003	Kein Befall	+
	2007	Total-Befall	
Ma 4.3	2003	Kein Befall	+
	2004	Nesterweises Auftreten	
	2008	Total-Befall	
Ma 6	2004	Kein Befall	+
	2008	Total-Befall	
Ma LPG	Nachbarfeld zu Kressefelder		-
Kel-K	1997	Kein Befall	-
	2004	Nesterweise Auftreten	
Kel-S	2000	Kein Befall	+
	2004	Nesterweise Auftreten	
	2009	Nesterweise Auftreten	
Kel-B	1995	Kein Befall	-
	1999	Kein Befall	

\*Befallerfassung vom Anbauer; \*\* mittels Grow-out-Test unter kontrollierten Bedingungen

## **5. Diskussion**

### **5. 1 Diskussion der Ergebnisse des Teil-Projektes Ökoplant e. V. (2810OE030)**

#### **5. 1. 1 Schaderregermonitoring**

In den drei Untersuchungsjahren war der Befall mit *P. lepidii* auf allen Flächen permanent vorhanden. Die Symptome waren mehr oder weniger deutlich zu sehen. Der Erreger stellte sich als sehr aggressives Pathogen dar. Besonders problematisch waren frühe Infektionen, einhergehend mit ungünstigem Witterungsverlauf, welche zu einer raschen Ausbreitung des Befalls führten. Massive Ertragsausfälle waren die Folge. Zum Zeitpunkt des Vorhabens war die Bereitschaft der Anbauer bereits sehr groß, Felder zu nutzen, auf denen noch nie Kresse angebaut wurde. Problematisch war die Nutzung von geprüftem Saatgut, da die Diagnose sehr kostenintensiv ist und die Ergebnisse des molekularen Nachweises keine gesicherte Aussage zum Befallsgrad bieten. In den meisten Fällen kann davon ausgegangen werden, dass die primäre Infektion durch das Saatgut verursacht wurde. In den Beständen trat ebenfalls häufig *A. lepidii* auf, allerdings mit einem deutlich geringeren Schadens-Ausmaß als *P. lepidii*. Das Hauptaugenmerk einer praxistauglichen Regulierungsstrategie muss auf der Bereitstellung von nachweislich erregerfreiem Saatgut liegen. Mit dem dreijährigen Monitoring konnten einzelne Faktoren identifiziert werden, die möglicherweise zu einer stärkeren Befallsausbildung führten. Dennoch bleibt es fraglich, welche Faktoren im Einzelnen zum Auswachsen des Erregers im Freiland führen und welches die günstigen Sporulationsbedingungen im Freiland für *P. lepidii* und *A. lepidii* darstellen.

#### **5. 1. 2 Symptome**

Dank des dreijährigen Monitorings und der Zusammenarbeit mit vielen Praxisbetrieben, konnte in den letzten Jahren in den Betrieben und bei den Projektbearbeitern das visuelle Erkennen der typischen Befallssymptome des FM geschult werden. Dennoch ließen sich nicht alle Pflanzenschäden eindeutig dem Falschen Mehltau zuordnen. Abiotische Schadfaktoren und tierische Schaderreger konnten bei der Kresse ebenso wie *P. lepidii* oder *A. lepidii* Schadsymptome wie Deformationen und Stauchungen auslösen. Ein Sporenbelaag auf der Pflanze schaffte, in Verbindung mit einer Diagnose durch den Pflanzenschutzdienst, Sicherheit. Bei frühem Befall konnten die Schadsymptome von *P. lepidii* sehr stark den Symptomen von *A. lepidii* ähneln.

In dichten Beständen und auf größeren Schlägen war eine Befallskontrolle sehr schwierig. Bei der Beurteilung größerer Schlagflächen wurde der Befall tendenziell eher geringer eingeschätzt, als bei der Einzelpflanzenbonitur. Bei der Untersuchung der Praxisschläge wurde deutlich, dass sich unter Umständen sehr kleinflächige

Infektionsherde im Bestand befinden, die sich bei ungünstigen Bedingungen für den Schaderreger nicht großflächig ausbreiten aber dennoch zur Kontamination einer Saatgutpartie führen konnten. Da es an den Messpunkten auf den Praxis schlägen, die in benachteiligten Zonen der Felder lagen (Bodenverdichtungs zonen, Senken, Lager, starke Verunkrautung) zuerst zu Befallssymptomen kam, sollte bei der Befallskontrolle Augenmerk auf diese Problemzonen gelegt werden.

An allen untersuchten Messpunkten war der Befall von *P. lepidii* im oberen Pflanzenteil, also im Bereich der Blüten- bzw. Samenstände, höher als im unteren Bereich. Die frühesten Befallssymptome wurden im Rosettenstadium beobachtet, meist ab der 6. Kulturwoche nach der Aussaat.

Bei frühen Infektionen kam es meist zu Stauchungen der Blätter oder der ganzen Pflanze sowie zu starker Seitentriebbildung, hellgrünen Blättern, Verdrehungen und Deformationen. Bei späterem Befall waren Verdrehungen, Deformationen und das Welken der oberen Pflanzenteile typisch. Teilweise wurden noch Samen ausgebildet. Mittels PCR-Analyse konnte am Erntegut von befallenen Pflanzen *P. lepidii* nachgewiesen werden.

### **5. 1. 3 Saatgut**

Dem Saatgut kommt bei der Ausbreitung von *P. lepidii* eine besondere Bedeutung zu. Das Monitoring zeigte sehr deutlich, dass es auf befallsfreien Flächen bei neuen Kressevermehrungsbetrieben zu Befall kommen kann, der nur durch das Saatgut ausgelöst werden konnte. Die Untersuchung verschiedener Partien des Ausgangssaatgutes und des Erntegutes bestätigt den Verdacht, des latent vorkommenden Befalls in nahezu allen Saatgutpartien. In der Herkunft Bienert, die auf den Flächen des Betriebes in Sachsen zu keinem wahrnehmbaren Befall führten, konnte bei einer Erhöhung des Stichprobenumfangs *P. lepidii* durch PCR nachgewiesen werden, die auch in Vermehrungsbeständen 2014 beobachtet wurden. Für den Nachweis des Erregers am Saatgut stehen nach wie vor lediglich die PCR- bzw. qPCR-Methode zur Verfügung, die im Rahmen des Vorhabens erregerspezifisch angepasst wurden. Da die Verbreitung des Erregers auf der Fläche meist uneinheitlich verläuft und gerade bei spätem Befall kleinere Befallsherde auftauchen, die mitgeerntet werden, kommt es zur Kontamination einer ganzen Saatgutcharge. Die Beobachtungen auf den Praxisflächen zeigten, dass auch ein geringer Befall bei günstigen Bedingungen für den Erreger zu Epidemien führen kann.

Demnach kann allein aus der Befallshistorie einer Saatgutpartie kein vollständiger Rückschluss auf den Belastungsgrad geschlossen werden. Da die Lokalisierung des Erregers im Samen noch nicht geklärt ist, kann bislang auch keine Empfehlung für eine Saatgutbehandlung ausgesprochen werden. Sollte am behandelten Saatgut

mittels PCR die DNA des Erregers nachgewiesen werden, kann noch keine endgültige Aussage zur Vitalität getroffen werden. Tendenziell sollte eine Partie bei positivem PCR Nachweis (= Erreger-DNA befindet sich am Saatgut), aussortiert und für die Sprossenproduktion genutzt werden. Eine Heissdampfbehandlung des Saatgutes ist derzeit nur gegen *Alternaria*-Arten wirksam.

Die Primärinfektion durch befallenes Saatgut konnte auf Betrieb Thüringen 1 in den Jahren 2011 bis 2013 beobachtet werden. Jährlich wurden neue, völlig unbelastete Flächen ausgewählt und die Kulturführung auf lockere Pflanzen-Bestände ausgerichtet (weite Reihenabstände von 37,5 cm, geringe Saatstärke von 5 kg/ha). Bei Verwendung derselben Saatgutpartie, welches bereits 2010 einen Befall mit *P. lepidii* ausgelöst hatte, kam es in den untersuchten Jahren zu ganz unterschiedlichen Befallsstärken auf den Flächen. Die Elektronenbehandlung des Saatgutes konnte die Kontamination scheinbar nicht beeinflussen. Der Befall ging von einzelnen Befallsherden aus und war an Stellen mit Bodenverdichtungen besonders ausgeprägt. Ausgehend von diesen Befallsherden kam es zu einer Ausbreitung im Bestand. In den Jahren 2011 und 2012 kam es aufgrund des späten Befalls noch zu einer Ernte der Kresse. Im Jahr 2013 musste der Bestand bereits vor der Blüte wegen starkem Befall umgebrochen werden.

Auf der Vermehrungsfläche von Betrieb Hessen Mitte wurde 2011 ein befallsfreies Kressesaatgut, laut PCR-Analyse, ausgesät. Auf der Fläche wurde noch nie Kresse vermehrt, trotzdem kam es zu teilweise massivem Befall. Es wird vermutet, dass die Saatgutuntersuchung aufgrund des zu gering gewählten Stichprobenumfangs nicht repräsentativ war und somit die mit FM infizierten Samen nicht erfasste.

#### **5. 1. 4 Boden**

Während des Befallsmonitorings auf den Kressevermehrungsflächen zeigte sich deutlich, dass auf Feldern, auf denen bereits Kresse vermehrt wurde, ein früher und starker Befall mit Falschem Mehltau auftrat. Der Kontaminationsgrad war auf bereits mit Kresse bestellten Flächen unklar und das Befallsrisiko damit hoch einzustufen. Auch wenn es nicht zu deutlich wahrnehmbarem Befall in einem Vermehrungsjahr kommt, kann der Erreger an einzelnen Stellen auftreten und mit seinen Überdauerungs-Formen bzw. durch Ausfallkresse oder Pflanzenreste die Fläche kontaminieren. Daraus kann geschlussfolgert werden, dass derartige Kresse-Vermehrungs-Flächen nicht für weitere Aussaaten verwendet werden können.

Von den drei Vermehrungsschlägen von Betrieb Hessen West aus 2011, wurde ein Schlag vor 5 Jahren schon einmal zur Kressevermehrung genutzt. Auf diesem Schlag kam es zu einem deutlich früheren und massiveren Auftreten des Schaderregers.

Bei der Auswertung der Befallssituation auf den Vermehrungsflächen ließ sich weder ein Zusammenhang zwischen der Bodenqualität (Bodenpunkte) und dem Auftreten bzw. der Ausbreitung des Falschen Mehltaus erkennen, noch zwischen der Bodenart und dem Gehalt an organischer Substanz.

In Bodenverdichtungszone kam es auf den Vermehrungsflächen zu einem tendenziell früheren und stärkeren Befall. Deutlich wurde dies bei allen Flächen, die 2011 untersucht wurden. Der Befall breitete sich hier jeweils von Senken oder verdichteten, staunassen Stellen (teilweise auch Fahrspuren) aus. Damit kommt der Flächenauswahl eine große Bedeutung zu. Im Jahr 2012 wurde auf einigen Flächen der Eindringwiderstand in den Boden gemessen. Auf diesen Flächen zeigte sich, dass ein geringerer FM-Befall auf den Flächen mit geringem Eindringwiderstand vorhanden war.

### **5. 1. 5 Unkraut**

Bislang gibt es keinen Hinweis, dass *P. lepidii* an Unkräutern oder anderen Kulturpflanzen vorkommt und die Kresse infizieren kann. Auch aus den Beobachtungen auf den Vermehrungsschlägen lässt sich keine Infektion der Vermehrungsbestände durch befallenes Unkraut ableiten. Eine ähnliche Wirtsspezifität ist auch von anderen Falschen Mehltauerregern bekannt, beispielsweise von *P. parasitica* an Leindotter (Föller, 2000). Auf den Kressefeldern zeigten sich aber eine schnellere Befallsausbreitung und eine höhere Befallsstärke an stark verunkrauteten Messpunkten und damit sehr dichten Beständen, die nur langsam abtrocknen. Außerdem wurde bei hohen Unkräutern eine Lagerneigung der Kresse beobachtet und eine anschließend stärkere Befallsausbreitung. Aufgrund eines starken Besatzes mit Disteln und Melde, kam es auf einer Vermehrungsfläche von Betrieb Hessen West 2011 zu einer sehr hohen Feuchtigkeit in der abreifenden Kresse und gleichzeitig zu einer massiven Befallsausbreitung an den Messpunkten, die in stark mit Unkraut besetzten Zonen lag.

### **5. 1. 6 Kulturführung**

Zu den erfassten Parametern auf den Vermehrungsschlägen gehörten im Untersuchungszeitraum die Bodenbearbeitung, der Aussattermin, der Reihenabstand, die Düngung und die mechanische Unkrautregulierung. Von keinem dieser Faktoren konnte ein Effekt auf den Befall mit *P. lepidii* oder *A. lepidii* abgeleitet werden. Es konnte nicht bestätigt werden, dass späte Saattermine (Säen in den warmen Boden) zu widerstandsfähigeren Pflanzen führen. Zudem konnte kein direkter Zusammenhang zwischen der mechanischen Unkrautregulierung und einer

schnelleren Ausbreitung des Befalls im Bestand hergestellt werden. In einigen Fällen konnte dagegen ein Zusammenhang zwischen der Pflanzenzahl/m<sup>2</sup> und der Befallsstärke durch FM beobachtet werden.

### **5. 1. 7 Pflanzenentwicklung**

Stressfaktoren scheinen die Widerstandsfähigkeit der Pflanzen herabzusetzen und beim Auswachsen des Erregers eine wichtige Rolle zu spielen. Es wird vermutet, dass der Übergang von den einzelnen phänologischen Entwicklungsstadien zu den Stressfaktoren zählt, da vermehrt ein Befallsbeginn zum Zeitpunkt des Schossens und der Blüte beobachtet wurde. Ermittelt wurde aber auch ein latenter Befall in der Pflanze, der nicht zum Ausbruch kam und die Ertragsausbildung der Pflanze nicht beeinflusste.

An allen Messpunkten gab es einen deutlichen Zusammenhang zwischen Befallsstärke und Ertragsausbildung. Je früher der Befall auftrat, desto größer war der Zusammenhang zwischen Befall und Kornertrag. Bei spätem Befall hing das Ertragsniveau weniger stark von der Befallsstärke ab. Auf der Kressefläche von Betrieb Thüringen 1 wurde 2011 bei einer Befallsboniturnote von 3 – 5 ein Kornertrag von 1800 kg/erreich, während an dem stark befallenen Messpunkt (Boniturnote 8) lediglich 400 kg/ha aufbereitetes Saatgut geerntet wurden.

Über den möglichen Zusammenhang zwischen FM und abiotischen Faktoren sowie tierischen und anderen pilzlichen Schaderregern können anhand der Untersuchungen auf den Praxisflächen keine konkreten Belege geliefert werden. In Thüringen kam es 2012 zu einem massiven *Alternaria*-Befall, dem direkt starker Befall mit *P. lepidii* und zahlreichen sporulierendem Pflanzen folgte.

Der starke Befall mit Erdflöhen und Blattwespen führte 2012 auf allen Schlägen zu stark geschädigten Pflanzen. Starke Niederschläge führten 2012 zu deformierten Pflanzen und frühzeitigem Lager des Bestandes. Die Lagerbildung begünstigt das Auftreten und die Ausbreitung des Falschen Mehltaus sehr deutlich.

### **5. 1. 8 Standortfaktoren und Witterung**

Niederschlagsarme und sommertrockene Anbauggebiete eignen sich generell für die Saatgutvermehrung und stellten sich in den drei Untersuchungsjahren als weniger anfällig für einen Befall mit *P. lepidii* heraus. Unter den Betrieben war es vor allem der Betrieb in Sachsen, der günstige Standortbedingungen aufwies und erst im 3. Anbaujahr den ersten Befall mit Falschem Mehltau hatte. Problematisch war an diesem Standort jedoch der Befall mit *A. lepidii*, der sich eher unter trockenen Witterungsbedingungen ausbreitet. Obwohl das Saatgut des Betriebes in Sachsen

einen latenten Befall mit *P. lepidii* aufwies, kam es in drei Jahren nicht zu einem wahrnehmbaren Befall. Neben den Standortfaktoren scheint jedoch auch die Anbaudauer einen Einfluss auf das Auftreten des Schaderregers zu haben, da die meisten Betriebe von drei bis vier befallsfreien Jahren berichteten und eine Zunahme des Befallsdruckes ab dem 4. Anbaujahr beobachteten.

Die Lage der Fläche war ein weiterer entscheidender Faktor, der Einfluss auf die Befallsentwicklung hatte. Die Messpunkte auf den untersuchten Flächen, die windoffen, unbeschattet und auf einer Kuppe lagen, zeigten einen geringeren Befall. Auf der Vermehrungsfläche von Betrieb Hessen-Mitte wurden im Jahr 2011 zwischen den Messpunkten sehr starke Befallsunterschiede festgestellt. Der Messpunkt, der auf dem höchsten Punkt des Feldes lag, hatte die geringste Pflanzenzahl und einen auffallend geringeren Befall. An diesem Messpunkt wurde der höchste Ertrag ermittelt.

Ausgehend von einem latenten Befall über Saatgut oder Boden werden die Sporulationsbedingungen entscheidend von der Luftfeuchte, dem Niederschlag und der Temperatur geprägt. Die Witterungsbedingungen dürften hier entscheidend zur Ausbreitung des Befalls auf der Fläche beigetragen haben. Aus den Beobachtungen auf den Praxisschlägen lassen sich vor allem niederschlagsreiche und warme Jahre als befallsfördernd einstufen. Aber auch starke Temperaturschwankungen mit anschließender Taubildung waren förderlich. In trockenen Jahren scheint vermehrt ein Befall mit *A. lepidii* aufzutreten.

Die Befallsstärke an den untersuchten Messpunkten war abhängig von der erreichten Temperatursumme aber auch von der Bodenfeuchte und der Pflanzendichte. Zudem spielte der Zusammenhang zwischen Pflanzendichte und relativer Luftfeuchte bei der Ausbildung der Symptome des Falschen Mehltaus eine Rolle. Damit wird die Bedeutung der mikroklimatischen Bedingungen in den Kresse-Beständen unterstrichen.

### **5. 1. 9 Grow Out**

Mit dem durchgeführten Feld-Grow-Out Test konnte in zwei Durchgängen bei unterschiedlichen Witterungsbedingungen kein Rückschluss auf die Belastung der geprüften Saatgutpartien mit dem Erreger *P. lepidii* gezogen werden. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Befunden der Grow-Out Tests im Freiland, die am Standort Großbeeren (IGZ) gewonnen wurden.

Die Feldversuche waren stark geprägt von einem frühen Befall mit *A. lepidii*, dessen Symptome (Deformationen und Wuchshemmungen) stark denen von *P. lepidii* ähnelten. Die PCR-Analyse an befallenen Pflanzen bestätigte, dass beide Erreger an den Pflanzen vorkamen, teilweise auch gleichzeitig. Es ließ sich im Feldversuch nicht

eindeutig ein Beginn und die Stärke einer samenbürtigen Primärinfektion ermitteln, um eine Aussage über den Befallsgrad des Saatgutes treffen zu können.

Demnach steht weiterhin kein zuverlässiges Testsystem zur Ermittlung der Saatgutbelastung zur Verfügung. Eine Beurteilung der Saatgutpartien anhand ihrer Vermehrungshistorie war ebenfalls nicht möglich, da beispielsweise die als befallsfrei ausgewählte Partie Herkunft Bienert sowohl in der qPCR, als auch an unterschiedlichen Vermehrungsstandorten 2014 deutliche Kontamination zeigte. Es gelang ferner im Freilandversuch nicht, ein kontrolliertes Auswachsen des latent in der Pflanze vorkommenden Erregers bei Identifizierung der befallsauslösenden Faktoren zu bekommen. Im Feldversuch konnte keine Sporulation von *P. lepidii* beobachtet werden.

Neben einer Optimierung des Grow-Out-Tests, muss der PCR-Nachweis von *P. lepidii* am Saatgut weiterhin verfeinert und möglicherweise der Stichprobenumfang für die Untersuchungen, besonders bei gering belasteten Saatgutpartien, deutlich erhöht werden.

Der Feld-Grow-Out-Test zeigte die rasche Ausbreitung und das hohe Schadmaß von *A. lepidii*, besonders bei einem frühen Befall und günstigen Witterungsbedingungen für den Schaderreger (heiß, trocken, windig). Da auf einem befallsfreien Boden kultiviert wurde, muss von einer samenbürtigen Infektion des Erregers ausgegangen werden.

## **5. 1. 10 Einsatz von Pflanzenschutz- und pflanzenstärkenden Mitteln**

Die umfangreichen Prüfungen von Pflanzenschutz- und pflanzenstärkenden Mitteln in der Kressevermehrung konnten keine gesicherten Aussagen zur Wirkung herbeiführen, da es weder zu einem nachweislichen Auftreten von *P. lepidii* kam, noch zu einem Auswachsen des Schaderregers mit einer nachfolgenden Sekundärinfektion, welche hätte durch die Mittel verhindert oder bekämpft werden können. Auch die Effektivität der geprüften Mittel und Verfahren der Saatgutbehandlung, konnten aufgrund des fehlenden Befallsausbruchs nicht beurteilt werden. Bei keinem der Mittel oder Verfahren konnten phytotoxische Reaktionen auf die Kresse festgestellt werden, so dass die Mittel generell als verträglich eingestuft werden können.

Ausgewählt wurden Mittel mit verschiedenen Wirkmechanismen und Anwendungsverfahren, die bereits positive Ansätze bei anderen Wirt-Pathogenbeziehungen gezeigt hatten, insbesondere bei Falschen Mehltauerregern. Neben der bekannten Wirkung von Kupfer als Kontaktfungizid, liegen Untersuchungen zur positiven Wirkung von Frutogard (Phosphorige Säure) beispielsweise an Petersilie gegen *Plasmopara crustosa* vor (Kreiselmaier und

Mahler 2004). Auf Wunsch des Fördermittelgebers wurde das Mittel VitoVin aufgenommen, welches ursprünglich als Kupferersatzmittel einbezogen wurde, mittlerweile allerdings als Pflanzenstärkungsmittel zugelassen ist und viel versprechende Ergebnisse im präventiven Einsatz gegen *Plasmopara viticola* an der Rebe erzielt (Schlein, 2015). Noch in der Entwicklung befindet sich das Vorprodukt Aqua.protect, ein grenzflächenmodifiziertes Wasser, welches aktuell aufgrund seiner desinfizierenden und fungiziden Eigenschaften, im Rahmen eines Forschungsvorhabens, als möglicher Kupferersatz geprüft wird. Positive Ergebnisse wurden bereits mit Salicylsäure als Resistenzinduktor gegen *Phytophthora capsici* an Paprika ermittelt (Mao Aijun, 2004).

Insgesamt wird geschlussfolgert, dass auf der Grundlage der Untersuchungsergebnisse bislang keine gesicherte Aussage zur Befallsverzögerung von Falschem Mehltau in der Kressevermehrung durch die hier geprüften Mittel getroffen werden kann. Aus diesem Grund können keine konkreten Empfehlungen zum Einsatz von Pflanzenschutz- oder pflanzenstärkenden Mitteln gegeben werden. Demgegenüber werden die Blattnässe, die Bodenverdichtung sowie die Ausbreitung des Erregers über mechanische Maßnahmen als befallsfördernd eingestuft, was beim praktischen Anbau zu berücksichtigen ist.

## 5. 2 Diskussion der Ergebnisse des Teil-Projekte JLU Gießen (2810OE115)

### Genbank-Sortiment der Garten-Kresse

Die phylogenetische Analyse eines Genbank-Sortiments (93 Akzessionen) der Garten-Kresse hat gezeigt, dass innerhalb der Art *Lepidium sativum* L. eine relativ große genetische Diversität vorhanden ist, die man zukünftig für gezielte Züchtungsarbeiten nutzen könnte. Die durchgeführten Arbeiten bestätigten die Ergebnisse von Sabaghia et al. (2014) hinsichtlich der unterschiedlichen Ausprägung phänotypischer und morphologischer Merkmale der Kresse-Akzessionen. Um dieses Material und die damit gewonnenen Kenntnisse für die Sorten-Züchtung nutzen zu können, sind weitere Arbeiten erforderlich, um Wachstumseigenschaften, agronomische Merkmale und das Ertragspotenzial der Garten-Kresse zu charakterisieren. Dazu wäre eine Samenvermehrung aller verfügbaren Akzessionen mit einer anschließenden Leistungsprüfung, die in weiteren Schritten auch unterschiedliche Umwelten einschließen sollte, erforderlich. Auf dieser Grundlage könnte eine Auslese geeigneter und leistungsfähiger Kresse-Linien erfolgen.

### Glukosinolate in Garten-Kresse

Die Garten-Kresse gehört zur Familie der Brassicaceae, zu der auch viele bekannte Gemüsearten (Kohl-Arten, Radies, Rettich, Meerrettich, Rukola), Ölfrüchte (Raps, Leindotter, Krambe), Wildpflanzen (z. B.: Ackerschmalwand, Hederich, Ackersenf, Beesenrauke) sowie Futter- und Zwischenfrucht-Pflanzen (Markstammkohl, Rübsen, Wasserrübe, Kohlrübe, Weißer Senf, Schwarzer Senf, Ölrettich) zählen. Die Arten dieser Pflanzenfamilie synthetisieren spezifische schwefelhaltige sekundäre Pflanzenstoffe, die Glukosinolate, die in allen Organen der Pflanzen (Hypokotyl, Sprossachse, Blätter, Samen) vorkommen können.

Die Zusammensetzung der Glukosinolate ist artspezifisch verschieden. In der Gartenkresse kommt vor allem das Glucotropaeolin vor, das auch in einigen Kohl-Arten und im Schwarzen Senf zu finden ist. Nach der enzymatischen Spaltung des Glucotropaeolin durch das Enzym Myrosinase entsteht das Benzyl-Isothiocyanat (BITC), das auch in den Proben der im Projekt verwendeten einheimischen Garten-Kresse nachgewiesen wurde. Die Glukosinolat-Gehalte werden in Übereinstimmung mit der Literatur im Vergleich mit anderen Brassicaceae als sehr hoch eingeschätzt (Doke & Guha 2014). In vielen Studien wird auf die ernährungsphysiologisch positiven Effekte des Benzyl-Isothiocyanats und weiterer Spaltprodukte der Glukosinolate hingewiesen (Björkman et al. 2011, Doke & Guha 2014, Sarikamis & Yanmaz 2011). So wird den Isothiocyanaten vor allem eine Schutzfunktion gegen

degenerative Krankheiten (Krebs, kardiovaskuläre und neurodegenerative Erkrankungen) zugesprochen (Björkman et al. 2011). Es wäre empfehlenswert, diese Eigenschaften bei der Vermarktung der Kresse-Sprossen stärker zu berücksichtigen. Auch die Entwicklung von Phytotherapeutika auf der Basis von Garten-Kresse wäre eine Option, um die nachgewiesenen therapeutischen Effekte dieser Pflanze zu nutzen.

### **Keimungsverhalten der Garten-Kresse**

Die mit der Gartenkresse durchgeführten Keimungsversuche haben gezeigt, dass die Keimungsgeschwindigkeit der Samen in hohem Maße temperaturabhängig ist. Eine Keimungsdauer von 30 Tagen bei einer Lufttemperatur von 10 °C ist, verglichen mit anderen Kulturpflanzen, recht lang. Dieser Aspekt würde gegen eine Aussaat der Gartenkresse unter kühlen Temperaturbedingungen sprechen. Die Lufttemperatur beeinflusst aber offenbar nur die Keimungsgeschwindigkeit und nicht die Keimfähigkeit oder Vitalität des Saatgutes, denn die Keimfähigkeit der Kresse-Samen war mit 87 % bei nur 5 °C nur geringfügig geringer als bei 20 °C (93 %).

Grobe Substrate verminderten erwartungsgemäß die Keimfähigkeit der Kresse-Samen. Die Unterschiede zwischen den Mittelwerten, die einerseits bei optimalen Bedingungen (Filterpapier) und andererseits mit grobem Substrat (Kieselgrus, Sand) erzielt wurden, waren jedoch relativ gering. Da die Samen der Garten-Kresse mit einer Tausendkornmasse von etwa 2,5 g sehr klein sind, wird die Triebkraft der Samen unter groben Substratbedingungen als gut eingeschätzt. Die Lagerung des Saatgutes (bei Raumtemperatur) über die Zeitspanne von einem Jahr hatte keine relevante Verminderung der Keimfähigkeit zur Folge. Insgesamt kann geschlussfolgert werden, dass mit dem Saatgut der Gartenkresse keine Keimungsfördernden Maßnahmen erforderlich sind, um unter Feldbedingungen gute Feldaufgangsraten zu erzielen. Ähnlich wie bei anderen kleinsamigen Kulturpflanzen ist auf eine flache Ablage der Samen im Boden und auf ein gut strukturiertes Saatbett zu achten.

### **Saatzeit-Reaktion der Garten-Kresse**

Die zweijährig durchgeführten Saatzeiten-Versuche erlauben Aussagen zur Spätsaattoleranz der Gartenkresse. Im ersten Versuchsjahr wurden bei einer Aussaatverzögerung von Ende März (30. 03.) bis zum 5. April gleichbleibende Kornerträge gemessen. Danach setzen Saatzeit-bedingte Ertragsminderungen ein. Im zweiten Versuchsjahr war der Zeitraum konstanter Erträge länger: 28. März bis

14. April. Erst ab Mitte April wurde ein Ertragsrückgang um 12 % (bei einer Aussaat am 25. April) bzw. um 28 % (Aussaat am 2. Mai) deutlich.

Aus der Sicht der Ertragsstruktur waren die Ursachen für die Spätsaat-bedingten Mindererträge vor allem durch eine Verringerung der Schotenzahl pro Pflanze zu erklären. Daneben dürfte sich auch die Verkürzung der verfügbaren Wachstumszeit negativ auf die Anlage von Ertragsorganen der Garten-Kresse ausgewirkt haben.

Die Infektion mit Falschem Mehltau setzte im Jahr 2012 am 18. Juni und im Jahr 2013 am 27. Juni ein. Frühe Aussaaten der Garten-Kresse waren weniger stark betroffen als späte Aussaaten. Die Infektion mit Falschem Mehltau (FM) könnte somit zur beobachteten Ertragsreduktion der Spätsaaten beigetragen haben. Es wird vermutet, dass die frühe Aussaat der Garten-Kresse in den durchgeführten Gefäßversuchen zu einer besseren Widerstandsfähigkeit der Pflanzen gegen die FM-Infektion geführt hat.

### **Physikalische Saatgut-Behandlungen**

Die Heiß-Wasserdampf-Behandlung von ökologisch erzeugtem Saatgut ist eine verbreitete Methode der Saatgut-Behandlung. Die durchgeführten Untersuchungen zeigten, dass eine Wasserdampf (WD)-Behandlung bei 65 und 68 °C keine Beeinträchtigung der Keimfähigkeit der Samen zur Folge hat. Eine Verlängerung der WD-Behandlung und die Erhöhung der Temperatur des Wasserdampfes von 68 °C auf 70 °C bewirkte jedoch eine deutliche Verminderung der Keimfähigkeit der Samen. Das kurzzeitige Einwirken (60 sec.) des Wasserdampfes bei einer Temperatur von 70 °C können die Samen der Gartenkresse aber tolerieren. Längere Wasserdampf-Behandlungen von 120 bis 150 sec führen auch bei einer Temperatur von 68 °C zu einer deutlichen Verminderung der Labor-Keimfähigkeit und der Feldaufgangsraten der Kresse-Samen. Es hat sich gezeigt, dass die Grenze der kurzzeitigen Temperatur-Belastung der Kresse-Samen bei 68 °C (60 bis 90 sec Behandlungsdauer) liegt. Die Gartenkresse ist damit empfindlicher als einige Wildpflanzen-Samen wie *Echinochloa crus-galli* (79,6 °C), *Setaria viridis* (75,8 °C), *Solanum nigrum* (74,6 °C), *Portulaca oleracea* (72,2 °C) oder *Amaranthus retroflexus* (70,9 °C) (Videtto et al. 2013).

Die Infektion durch Falschen Mehltau war unbeeinflusst von der Wasserdampf-Behandlung der Kresse-Samen. Weder in den Gefäßversuchen, noch in den Parzellenversuchen in der Praxis konnten Effekte auf den Befall durch Falschen Mehltau beobachtet werden. Trotz dieses Ergebnisses wird empfohlen, das Saatgut der Garten-Kresse mit Wasserdampf (65 bzw. 68 ° bei 60 bis 90 sec) zu behandeln, da durch diese Maßnahme andere Pilz-Pathogene bekämpft werden können. So wurde in Untersuchungen mit Kohl-Samen festgestellt, dass die Infektion durch

*Alternaria brassicicola* durch Heißwasser-Behandlungen und durch Wasserdampf-Behandlungen vermindert wurde (Amein et al. 2011). Sehr positiv wird auch die Kombination aus physikalischen Methoden (Heißwasser- oder Wasserdampf-Behandlung) mit Pflanzen-Präparaten (Thymian-Öl) bewertet (Amein et al. 2011). Die Elektronen-Behandlung der Samen wurde sowohl in Gefäß- als auch in Parzellenversuchen mit Garten-Kresse geprüft. Eine Wirksamkeit dieser Maßnahme war in beiden Versuchsansätzen nicht nachweisbar. Es wird vermutet, dass das hier angewendete Verfahren der Elektronen-Behandlung die im Samen vorhandenen Oosporen nicht abtötet. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass andere Pathogene, die in Brassicaceae vorkommen, durch Elektronen-Behandlungen kontrolliert werden können. Als Beleg dafür können die Ergebnisse von Amein et al. (2011) angeführt werden, die eine Infektion durch *Alternaria brassicicola* an Kohl-Samen durch eine Elektronen-Behandlung vermindern konnten.

### **Blattnässe-Dauer**

Die Blattnässe-Dauer bzw. das Feuchthalten der gesamten Pflanzenoberfläche wirkt sich bei vielen Pilz-Krankheiten förderlich auf die Infektion mit dem Pathogen aus. Das ist auch beim Falschen Mehltau (FM) der Garten-Kresse der Fall, wo eine lange Blattnässe-Dauer die Infektion förderte. Es zeigte sich, dass eine langanhaltende Blattnässe, die während des Streckungswachstums (ab Schoßbeginn) vorhanden war, die FM-Infektion stärker förderte als die Blattnässe während der frühen Phase der Pflanzenentwicklung (Blattbildung bis Schoßbeginn). Demgegenüber führte das Trockenhalten der Pflanzenoberfläche durch einen „Rain-Shelter“ (Plastik-Folien-Abdeckung) zu einer signifikanten Verminderung der FM-Infektion. Diese deutliche Verminderung der FM-Infektion wurde zu allen Bonitur-Terminen während der Pflanzenentwicklung beobachtet.

Aus diesem Ergebnis kann abgeleitet werden, dass das Trockenhalten bzw. das schnelle Abtrocknen der Kresse-Pflanzen den Gesundheits-Status der Pflanzen deutlich verbessern kann. Für die Praxis kann daraus gefolgert werden, dass beim Anbau von Garten-Kresse windoffene Lagen und nicht zu dichte Pflanzen-Bestände angestrebt werden sollten, um die FM-Ausbreitung zu vermindern. Denkbar wäre, dass zur Produktion von Elite-Saatgut spezielle Standorte ausgewählt oder Abdeck-Vorrichtungen (als Regenschutz) auf kleiner Fläche eingerichtet werden, um gesundes Saatgut produzieren zu können.

## Pflanzen-Extrakte

Die in vielen Kulturpflanzen gebildeten sekundären Pflanzenstoffe können spezifische Schutzfunktionen für die jeweilige Pflanzenart erfüllen. Diese Zusammenhänge sind für den Schutz der Pflanze gegen Trockenstress (z. B. durch ätherische Öle), gegen UV-B-Strahlen (z. B. durch Anthocyane), gegen den Angriff durch Schadinsekten (z. B. durch Isothiocyanate, Monoterpene und Sesquiterpene) oder für die Abwehrreaktion gegen Pilzkrankheiten (z. B. durch Phenolsäuren) nachgewiesen.

Die im Rahmen des Projektes geprüften Pflanzen-Extrakte unterschieden sich in den chemischen Wirkstoffgruppen, die in den Pflanzen bzw. Extrakten enthalten sind. So wurden die Wirkstoffgruppen der Mono- und Sesquiterpene (vor allem in *Origanum vulgare*, auch in *Melissa officinalis*), der Polyphenole (als Rosmarinsäure vor allem in Melisse, auch in *Origanum* sp.), der Saponine (als Glycyrrhizin in Süßholz-Kraut und Süßholz-Wurzel) und der Hydroxy-Phloroglucine (Hopfen) berücksichtigt. Alle der vorgenannten Pflanzen enthalten aber auch weitere sekundäre Pflanzenstoffe (Parthasarathy et al. 2008, Van Wyk & Wink 2004). Die Wirksamkeit von Pflanzen-Extrakten kann daher nicht allein auf die Leitverbindung zurückgeführt werden, sondern muss die Gesamtheit der im Extrakt enthaltenen Verbindungen und Metabolite berücksichtigen.

Pflanzen-Extrakte wurden bereits in zahlreichen Studien verwendet, in denen die Wirkung gegen Erreger des Falschen Mehltaus oder auch gegen andere Pilzkrankheiten an verschiedenen Pflanzen untersucht wurde (Scherf & Treutwein 2012, Mostafa et al. 2006, Molitor 2009). Über gute Effekte wird zum Teil beim Einsatz von Süßholz-Extrakten berichtet (Scherf & Treutwein 2012). In eigenen Untersuchungen deutete sich ebenfalls eine inhibierende Wirkung von Süßholz-Extrakten gegen den Falschen Mehltau in Garten-Kresse an. Darüber hinaus waren auch bei Origanum- und Hopfen-Extrakten inhibierende Effekte auf die Infektion mit FM zu beobachten. Diese Ergebnisse deuten an, dass bestimmte Pflanzen-Extrakte auch beim FM in Garten-Kresse eine Wirksamkeit haben könnten. Um diese Befunde zu bestätigen und die Anwendung weiterzuentwickeln, wäre zu empfehlen, die Wirkung auch unter Feldversuchs-Bedingungen zu prüfen.

### 5. 3 Diskussion der Ergebnisse des Teil-Projektes IGZ (2810OE116)

Anhand von zwei Nachweismethoden, PCR-Analysen und Grow-out Tests, wurde der Erreger des FM und WR am Saatgut und im Pflanzengewebe nachgewiesen. Mittels der generierten PCR-Primer war ein sicherer und spezifischer Nachweis der Erreger *Perofascia lepidii* und *Hyaloperonospora parasitica* sowie *Albugo lepidii* in Pflanzenmaterial möglich.

Voraussetzung für die Etablierung der Grow-out Tests waren Kenntnisse zur Biologie von *P. lepidii*, dem FM an Gartenkresse. In den zugrunde liegenden Untersuchungen konnten die die Pathogenese beeinflussende Faktoren wie Temperatur und Luftfeuchtigkeit ermittelt werden. Die Keimung der Sporen von *P. lepidii* wird deutlich von der Temperatur beeinflusst. Bei 10 °C ist eine Hemmung der Keimung von frischen als auch gefrorenen Sporen *in vitro* zu beobachten. Bereits 8 h nach dem Ausbringen der Sporen auf Wasseragar waren fast zwei Drittel der Sporen gekeimt. Die durchschnittliche Keimrate der *P. lepidii* Sporen liegt bei frisch geernteten Sporen bei ca. 32% und bei gefrorenen Sporen bei ca. 21 %. Vergleichbare Ergebnisse waren bei dem Erreger des Gurkenmehltaus, *Pseudoperonospora cubensis* (Cohen, 1977) und dem Zwiebelmehltau Erreger, *Peronospora destructor* (Palti, 1989) zu beobachten, deren optimale Keimraten bei etwa 10 °C liegen. Sporen von *P. belbahrii*, dem Erreger des FM an Basilikum keimen auch noch bei 20 °C (Djalali Farahani-Kofoet et al. 2014).

Der Vergleich der Inokulumdichte und Sporenart (frisch oder gefroren) auf die Krankheitsentwicklung zeigt, dass frische Sporen eine höhere BS und BH auslösen. Eine Inokulation von Kresse mit gefrorenen Sporen ist ebenfalls für eine hohe BS verantwortlich, zu beobachten bereits 13 dpi (Median 5). Die BS von FM an Kresse ist umso höher, je früher die Infektion der Pflanzen mit dem Erreger des FM erfolgt. Die Prüfung der Anfälligkeit von Kressegenotypen erfolgt daher durch Inokulation der Pflanzen im 4-Blattstadium.

Der FM ist in der Lage, die Wirtspflanze in einem weiten Temperaturbereich zu infizieren mit einem Optimum bei 20 °C. Vergleichbare Ergebnisse konnten für *P. belbahrii* (Djalali Farahani-Kofoet et al. 2014) festgestellt werden. Im Gegensatz dazu liegen die optimalen Temperaturwerte für die Krankheitsentwicklung des FM an Gurke und Zwiebel bei 17-21 °C (Neufeld and Ojiambo, 2012) bzw. 10-22 °C (Palti, 1989). Die Untersuchungen zeigten, dass auch zuvor gefrorene Sporen von *P. lepidii* sich als infektiös erwiesen. Hier ist dennoch zu berücksichtigen, dass durch den Prozess des Einfrierens eine Vielzahl an Sporen die Vitalität verliert und daher eine höhere Inokulumdichte für Infektionsversuche vorzusehen sind, um eine ausreichende Anzahl an vitalen Sporen zu gewährleisten.

Die Blattnässe und deren Dauer sind wesentlich für die Keimung der Erregersporen sowie die Infektion der Pflanzen. Die Versuche zum Einfluss der BD auf die Krankheitsentwicklung zeigen, dass die Dauer der Blattnässe mit der Schwere der Krankheit korreliert. Selbst bei einer geringen BD von 1 Stunde war nach 14 dpi eine hohe BS an der Pflanze zu beobachten. Vergleichbare Ergebnisse waren bei *Hyaloperonospora parasitica*, dem Erreger des FM an Senf gegeben. Blattnässeperioden von 4-6 h bei 20 °C begünstigten deutlich die Infektion an Senf (Mehta *et al.*, 1995).

Die Ergebnisse der Resistenzprüfungen von *Lepidium*-Akzessionen zeigten, dass keine der geprüften Genotypen eine Resistenz aufwies. Der FM an Gartenkresse erwies sich als aggressiv auf Kresse-Genotypen vergleichbar zu *P. belbahrii* an *Ocimum* Genotypen. Handelsübliche Sorten und Arten waren stark anfällig gegenüber dem FM (Djalali Farahani-Kofoet *et al.* 2014).

Die Untersuchungen zur Wirtsspezifität des Erregers *P. lepidii* zeigten, dass die untersuchten *Brassica*-Arten nicht anfällig gegenüber dem FM Erreger, *P. lepidii*, sind. Dies könnte als Nicht-Wirt-Resistenz eingestuft werden (Mauch-Mani 2002). Diese Erkenntnis ist für die Anbauer, die auf landwirtschaftlichen Flächen in der Nachbarschaft von *Brassicaceae* Gartenkresse vermehren, von Bedeutung, da diese Kruziferen-Arten als ‚Zwischenwirt‘ auszuschließen sind. Untersuchungen zur Wirtsspezifität von Kruziferen-Unkräutern zeigten, dass Acker-Schmalwand, Wiesenschaumkraut und Brunnenkresse nicht von *P. lepidii* befallen werden können und als potentielle Inokulumquelle auszuschließen sind. Die Untersuchung zur Anfälligkeit von Pfeilkresse gegenüber *P. lepidii* konnte nicht geklärt werden.

Ein Vergleich der BS des FM an Kresse nach Inokulation von verschiedenen *P. lepidii* Isolaten zeigte, dass die Aggressivität von Isolaten variiert. So verursachte das Isolat SE-1-11 eine hohe BS an der Kresse. Es ist nicht auszuschließen, dass es sich bei diesem Isolat um eine ‚Mischpopulationen‘ handelt. Es wird vermutet, dass nach wiederholter Kultivierung sich ‚aggressive Genotypen‘ während der Vermehrungen durchsetzen.

Eine Kontamination des Saatgutes mit FM-Erreger und damit primäre Infektionsquelle ist für verschiedene FM-Erreger beschrieben, wie z.B. für *P. belbahrii* (Belbahri *et al.* 2005, Djalali Farahani-Kofoet *et al.*, 2012) oder *Peronospora valerianellae* an Feldsalat (Schärer *et al.* 2009). Ein Nachweis der Kontamination des Saatgutes von Kresse mit *P. lepidii*, geerntet von erkrankten Pflanzen, konnte mittels Grow-out Tests unter kontrollierten Bedingungen nicht nachgewiesen werden. Daher ist auf der Basis des Grow-out Tests keine Aussage zur Samenbürtigkeit des Erregers und zum epidemiologischen Verlauf der Krankheit unter kontrollierten Bedingungen möglich. Unter kontrollierten Bedingungen war eine erfolgreiche Infektionen des FM-Erregers nach Inokulation der Kressepflanzen mit *P. lepidii*

Sporen erfolgreich. Einflussfaktoren wie die Pflanzdichte (zur Erhöhung der Luftfeuchte im Mikroklima), die Temperatur, die Luftfeuchtigkeit, das Substrat und die Belichtungsbedingungen, wurden variiert, um die Bedingungen für die Krankheitsentwicklung begünstigend einstellen zu können. Ein Problem des Nachweises für eine Kontamination des Saatgutes mit einem FM-Erreger oder überhaupt mit Pathogenen ist, dass das Saatgut nicht homogen befallen ist und der Nachweis von der Entnahme eines sicheren Stichprobenumfangs abhängig ist. Somit ist ein Nachweis des FM-Erregers in Saatgutchargen mit geringer Belastung schwierig bzw. nicht sicher, da mit hoher Wahrscheinlichkeit die entnommenen Saatgutproben nicht belastet sind. Unter Praxisbedingungen kann jedoch eine Epidemie von einzelnen mit FM belasteten Saatgutkörnern ausgehen. Des Weiteren zeigten die durchgeführten Untersuchungen im Feld, dass mit FM befallene Kressepflanzen mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einer Kontamination des Saatgutes mit dem Erreger des FM führen. Dies zeigten bereits Studien an Basilikum, bei denen eine systemische Besiedlung der Pflanze mit dem Erreger des FM *P. belbahrii* in eine Saatgutkontamination nach sich zog (Djalali Farahani-Kofoet *et al.*, 2012).

Für einen sicheren Nachweis des Erregers mittels PCR oder Grow-out-Test im Saatgut ist daher die Entnahme eines Stichprobenumfangs, der auch den Nachweis des Erregers bei einer geringen Kontamination erlaubt, von Bedeutung. Bei geringen Belastungen von Saatgutchargen ist davon auszugehen, dass ein größerer Stichprobenumfang zu entnehmen ist. Mittels PCR ist es möglich, in kurzer Zeit einen größeren Stichprobenumfang zu untersuchen im Gegensatz zu einem Grow-out-Test, der zeitaufwendiger ist und nur die Einbeziehung einer geringen Anzahl an Saatgut erlaubt. Dies unterstreichen die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen. Für einen Nachweis des FM-Erregers war die Entnahme und Bearbeitung von mindestens 18 Proben notwendig. Neben der Problematik des Nachweises des Erregers im Saatgut sind auch die Bedingungen für die Entwicklung des FM im Feld von Bedeutung. So ist das Ausbleiben des Krankheitsauftretens im Feld während der Vegetation 2014 mit den Saatgutchargen 1A, 2B, 3C, 6F, 8D, und 9E (Tab. 71) sowie der Versuchswiederholung des Feld Grow-out-Versuchs von 2013 wahrscheinlich auf die warmen, trockenen und windigen Witterungsverhältnisse zurückzuführen, welche sowohl die notwendige BD, notwendig für Primär- und Sekundärinfektionen als auch für die Sporulation des Erregers, nicht gewährleisteten. Die Bedingungen für eine Epidemie des FM an der Kresse waren somit im Feld während dieser Vegetationsperiode nicht gegeben. Die Ergebnisse der qPCR-Analysen von Stängelproben, in denen der Erreger *P. lepidii* zwar nachgewiesen wurde, unterstreichen, dass sich der Erreger des FM im Feld nicht ausbreiten konnte. Die Ergebnisse zeigen auch, dass sich *P. lepidii* ebenfalls systemisch in der Pflanze ausbreiten kann, ausgehend von kontaminiertem Saatgut.

Eine weitere Inokulumquelle für Primärinfektionen des FM an der Kresse im Feld kann der Boden selbst sein. Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigten, dass der Erreger *P. lepidii* im Boden überdauern kann und somit als primäre Inokulumquelle für nachfolgende Kressekulturen in Betracht zu ziehen ist. Wie bereits erwähnt, werden mit FM befallene Pflanzen in den Boden eingearbeitet und der Erreger so in den Boden von Feldern eingebracht, auf denen Gartenkresse-Samen vermehrt werden. Die Ergebnisse unserer Versuche zeigen, dass der Erreger in Böden für mindestens 6 Jahre überdauern kann und die Dauerorgane von *P. lepidii* über diesen Zeitraum infektiös bleiben und somit eine potentielle Primärquelle für den Befall darstellen. Schlussfolgernd aus diesen Ergebnissen sollte die Rolle der ‚Ausfallkressesamen‘, die vor oder beim Drusch auf den Boden sowohl im bearbeitenden Feld als auch durch Windverwehungen auf Nachbarmfeldern und Wiesen gelangen können, im praktischen Anbau kritisch betrachtet werden. Diese möglicherweise auch mit FM kontaminierten Samen können milde Winter überdauern und im nächsten Frühjahr keimen mit dem Ergebnis von erkrankten Pflanzen, von denen eine Epidemie ausgehen kann. Eine sekundäre Verbreitung der asexuellen Sporen auf benachbarte Wiesen und Felder, auf denen ‚zufällig‘ Ausfallkresse durch Wind eingetragen wurde, sorgt zusätzlich für die Verbreitung des Erregers im Anbaugebiet.

## 6. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Kurz- und mittelfristig werden die Erfolgsaussichten als hoch eingestuft. Mit dem erlangten Wissen zur Verbreitung und Überdauerung des Erregers im Boden und der Notwendigkeit der Erhöhung des Stichprobenumfangs zur Identifizierung von latentem Saatgut kann in Zukunft das Management der FM-Bekämpfung deutlich verbessert werden.

Auch die gewonnenen Kenntnisse über die Saatgut-Eigenschaften sowie über die Wirkung agronomischer Maßnahmen auf Wachstum, Kornertrag und Verbreitung des Falschen Mehltaus der Garten-Kresse lassen sich in konkrete Anbau-Empfehlungen umsetzen, die zur Verbesserung der Situation beitragen. So sind Spätsaaten, zu hohe Saatedichten und eine zu tiefe Ablage der Samen im Boden zu vermeiden, um die Pflanzenbestände nicht zu schwächen. Auch die Bekämpfung von Ausfall-Gartenkresse, die vor und während der Mähdruschernte durch Samenausfall entsteht, sollte durch eine geeignete Bodenbearbeitung bekämpft werden.

Aus den Ergebnissen zur Biologie von *P. lepidii* ist zu entnehmen, dass das Pathogen in einem weiten Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsbereich leben kann und sich den Kulturbedingungen seiner Wirtspflanze sehr gut angepasst hat. Deshalb ist die Berücksichtigung von Fruchtfolge- und Hygienemaßnahmen im Feld eine wichtige Aufgabe der Saatgutvermehrung, um die Verbreitung des Erregers im Bestand und zwischen den Beständen zu verhindern.

Wie die Ergebnisse aus dem Grow-out-Test im Feld zeigen, kann sich von kontaminiertem Saatgut eine Epidemie entwickeln. Die Saatgutvermehrung muss davon ausgehen, dass das vermehrte Saatgut mit FM kontaminiert sein kann. Durch die schnelle und sensible PCR-Nachweismethode kann das Saatgut auf Kontamination untersucht werden, dabei sollten Saatgutpartien bei einem negativen PCR-Befund der standardmäßig angewandten dreifachen Wiederholung noch eingehender untersucht werden.

## **7. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Ziele; weiterführende Fragestellungen**

Die in der Vorhabenbeschreibung aufgeführten Ziele sind nahezu alle erreicht worden. Durch Ökoplant wurde das geplante umfangreiche Monitoring in den Praxisbetrieben über drei Jahre durchgeführt. Ebenso wurden Versuche mit Pflanzenstärkungsmitteln und die Feld-Grow-Out-Tests realisiert.

Von der JLU wurden planmäßig die Genbank-Akzessionen und die Qualität des Saatgutes evaluiert sowie Keimungsversuche, Gefäßversuche und Parzellen-Versuche mit Gartenkresse durchgeführt. Dabei wurden physikalische Methoden der Samenbehandlung überprüft sowie produktionsökologische Faktoren und ausgewählte Pflanzen-Extrakte untersucht. Aus Kapazitätsgründen und aus Gründen der Rohstoff-Verfügbarkeit konnten nicht alle in der Vorhabenbeschreibung genannten Pflanzen-Extrakte untersucht werden. Dennoch wurden repräsentative Pflanzen bzw. Wirkstoffgruppen ausgewählt und geprüft. Die in der Vorhabenbeschreibung genannten Pflanzenstärkungsmittel wurden von Ökoplant untersucht.

Auch vom IGZ wurden die in der Vorhabenbeschreibung aufgeführten Ziele nahezu alle realisiert. Lediglich die Untersuchungen zur Biologie des Erregers des WR, *Albugo lepidii*, konnten nicht durchgeführt werden, da der Erreger in den zwei Projektjahren nicht zum Vorschein kam.

Während der Phase der Projektverlängerung, im Vegetationsjahr 2014, konnte ein starkes Auftreten des WR im Kressebestand festgestellt werden. Es wäre von großer Bedeutung das Auftreten von *A. lepidii* und die Interaktion dieses Erregers mit *P. lepidii*, der weiterhin ein großes Gefährdungspotential für die Kressesaatgut-Vermehrung darstellt, zu prüfen. Weiterhin von Interesse ist die Nachverfolgung der Virulenz der Erregerpopulationen aus den verschiedenen Anbaugebieten. Die Tests mit Pflanzen-Extrakten könnten unter Berücksichtigung verschiedener Kombinationen von Wirkstoffen sowie bei unterschiedlicher Häufigkeit, Formulierung und Terminierung der Applikationen fortgesetzt werden.

## Zusammenfassung

In den letzten Jahren kam es durch das massive Auftreten von Falschem Mehltau, *Perofascia lepidii*, in den Vermehrungsbetrieben des ökologischen Landbaus in Deutschland zu erheblichen Problemen in der Saatgutproduktion der Gartenkresse und daraus folgend in der Saatgutverfügbarkeit. Um die heimische Produktion von ökologisch erzeugtem Kresse-Saatgut nachhaltig zu sichern, sollten im Rahmen des Projektes folgende Fragen untersucht werden:

1. Evaluierung des Schaderreger-Auftretens in Garten-Kresse in Praxis-Betrieben des ökologischen Landbaus. Durchführung von Grow-Out-Tests mit unterschiedlich belasteten Saatgutpartien und Prüfung der Wirksamkeit von Pflanzenschutz- und pflanzenstärkenden Mitteln (Teil-Projekt Ökoplant).
2. Klärung des Einflusses agronomischer Maßnahmen auf die Ertragsbildung und auf die Infektion mit Falschem Mehltau bei Garten-Kresse. Klärung der Wirksamkeit von physikalischen Saatgutbehandlungen, der Blattnässedauer, der Bodenkontamination und der Applikation von Pflanzen-Extrakten auf die Infektion mit Falschem Mehltau bei Garten-Kresse (Teil-Projekt JLU).
3. Entwicklung von Testverfahren zur Saatgutprüfung, zum Erregerbefall und zur Resistenzprüfung bei Garten-Kresse (Teil-Projekt IGZ).

In einem dreijährigen von Ökoplant durchgeführten Monitoring auf den Kresse-Vermehrungsflächen in Sachsen, Thüringen, Hessen und Rheinland-Pfalz konnten umfangreiche Kenntnisse zum Auftreten von Schaderregern und zum Befalls-Verlauf von Falschem Mehltau in Gartenkresse gewonnen werden. Es wurde deutlich, dass die Primär-Infektion vor allem von belastetem Saatgut und von befallenen Vermehrungsflächen ausgeht, auf denen bereits in den Jahren zuvor Kresse kultiviert wurde.

In einem Feld-Grow-Out-Test mit unterschiedlich belasteten Saatgutpartien, konnte unter den gegebenen Bedingungen kein Auswachsen des Erregers beobachtet und somit kein Rückschluss auf den Befallsgrad des Saatgutes gezogen werden. Der Einsatz von Pflanzenschutz- und pflanzenstärkenden Mitteln verursachte weder durch Saatgutbehandlung, noch durch Spritz-Applikation der Pflanzen, eine phytotoxische Reaktion der Gartenkresse. Es konnten jedoch keine gesicherten Effekte auf den Schaderregerbefall gefunden werden. Eine endgültige Empfehlung des Mitteleinsatzes für die Praxis kann auf dieser Basis daher noch nicht vorgenommen werden.

An der JLU durchgeführte Keimtests haben gezeigt, dass das in der Praxis verwendete Kresse-Saatgut über eine sehr gute Keimfähigkeit und Triebkraft verfügt. Niedrige Keimtemperaturen von 5 °C führen im Vergleich mit optimaler Keimtemperatur (20 °C) zu einer deutlichen Verlängerung der Keimungsphase aber nur unwesentlich zu einer Verringerung der Keimfähigkeit. Unterschiedliche Keim-Substrate üben einen moderaten Einfluss auf die Keimfähigkeit aus.

Die Gartenkresse toleriert eine Aussaat-Verzögerung bis Anfang April. Ab der zweiten April-Dekade sind, im Vergleich mit einer Aussaat Ende März, deutliche Ertragsreduktionen zu beobachten. Diese Effekte sind auf die Verkürzung der vegetativen Pflanzenentwicklung und auf die reduzierte Schotenzahl pro Pflanze zurückzuführen. Frühe Aussaaten führen tendenziell zu einer geringeren Infektion mit Falschem Mehltau. Die Pflanzendichte beeinflusst das Mikroklima und die Konkurrenzverhältnisse in einem Pflanzenbestand. Pflanzendichten von 90 – 100 Pflanzen/m<sup>2</sup> wirken ertragsmindernd. Das Optimum liegt je nach Bodenart und Aussattermin in der Spanne von 150 – 250 Pflanzen/m<sup>2</sup>.

Eine lange und späte Nässe-dauer (ab Schossbeginn) fördert sehr deutlich die Infektion mit Falschem Mehltau. Das Trockenhalten der Pflanzenoberfläche durch einen „Rain-Shelter“ reduzierte die Infektion mit Falschem Mehltau drastisch. Die Wasserdampf-Behandlung (65 und 68 °C, 60 – 90 sec) und die Elektronen-Behandlung (11,9 und 17,9 kW/m) hatten keinen gesicherten Einfluss auf die Infektion mit Falschem Mehltau. Die Erhöhung der Temperatur während der Wasserdampf-Behandlung von 68 auf 70 °C (60 sec) wird von der Garten-Kresse toleriert. Die Verlängerung der Behandlungsdauer auf 90, 120 und 150 sec (je 70 °C) führt dagegen zu einem linearen Rückgang der Keimfähigkeit. Dieser Effekt wird unter Feldbedingungen noch verstärkt.

Von den geprüften Pflanzen-Extrakten (Gefäßversuche, mehrmalige Behandlung der Pflanzen) zeigten Süßholz-Kraut, Origanum und Hopfen im Vergleich mit der Kontrolle und der Wasser-Applikation tendenziell eine inhibierende (den Befall verzögernde) Wirkung auf den Falschen Mehltau in Gartenkresse. Anis und Melisse zeigten dagegen keine Wirksamkeit.

Zur Kontrolle von Saat- und Pflanzgut wurde im IGZ eine molekularbiologische Nachweismethode auf Basis von Fingerprint-Mustern etabliert. Ausgangspunkt für die Testverfahren sind Kenntnisse zur Biologie von *P. lepidii*. Die Sporenkeimrate von *P. lepidii* SE 1-11 *in vitro* liegt je nach Sporenform (frisch oder gefroren) bei etwa 30 bzw. 20 % und erfolgt bei Temperaturen von 5 und 10 °C. Die Befallsstärke (BS) und Befallshäufigkeit (BH) durch den Erreger sind abhängig von der Inokulum-Konzentration, Inokulum-Form und der Zeit nach der Inokulation. Im Vergleich zu gefrorenen Sporen verursachen frische Sporen die höchsten BS und BH. Gefrorene

Sporen ( $3 \times 10^5$  Sporen  $\text{ml}^{-1}$ ) können 13 dpi hohe BS und BH verursachen und eignen sich für die Untersuchungen zur Krankheitsentwicklung. *P. lepidii* kann innerhalb eines weiten Temperaturbereiches (13 bis 25 °C) Kresse-Pflanzen infizieren, wobei die höchsten BS bei 20 °C erreicht werden.

Die Blattnässedauer (BD) spielt beim FM eine wesentliche Rolle in der Krankheitsentwicklung. Sie korreliert positiv mit der Krankheitsentwicklung, wobei bereits bei einer geringen BD von einer Stunde nach Inokulation von Kressepflanzen befallene Pflanzen beobachtet werden können. Anhand dieser Erkenntnisse wurde eine Testmethode entwickelt, die für die Bewertung des Saatgutes und des Bodens als Primärinfektionsquellen und für Resistenzscreening von *Lepidium*-Akzessionen angewandt wurde. Von den 93 *Lepidium*-Akzessionen, die auf Anfälligkeit gegen *P. lepidii* SE 1-11 geprüft wurden, konnten keine resistenten Herkünfte gefunden werden.

Im Ergebnis der Prüfung der Wirtsspezifität von *P. lepidii* SE 1-11 an einigen ausgewählten Brassica-Kulturarten wie Raps und Senf sowie dem Kreuziferen-Unkraut, Acker-Schmalwand, wurden diese als Nicht-Wirte eingestuft, da der Erreger auf diesen weder Symptome verursachte noch spekulierete. Aus den vom Boden isolierten Erreger-Populationen konnten im Vergleich zum Stammissolat *P. lepidii* SE 1-11 Unterschiede in der Virulenz erkannt werden. In den Samen-Grow-out-Tests, die unter kontrollierten Bedingungen zur Erfassung der primären Inokulum-Quelle durchgeführt wurden, konnte der Erreger zu keiner Zeit aus Pflanzen herauswachsen. Mittels PCR konnte jedoch der Erreger im Stängel nachgewiesen werden.

In Grow-out-Versuchen, die im Feld durchgeführt wurden, konnte im Vegetationsjahr 2013 aus einigen Saatgutchargen, die aus Praxisschlägen stammten, erstes Krankheitsauftreten vom FM beobachtet werden, der sich später im Feld epidemisch verbreitete. Die Untersuchung von Bodenproben aus Praxisflächen zeigte, dass die Böden teilweise stark verseucht waren und ebenfalls als primäre Inokulum-Quellen dienten. Die Nachverfolgung einiger Böden mit einer Anbau- und Befalls-Historie zeigten, dass der Erreger in der Lage ist, mindestens bis zu sechs Jahren im Boden zu überdauern.

## Literaturverzeichnis

- Agegnehu, M., Honermeier, B. (1997): Effect of seeding rates and nitrogen fertilization on seed yield, seed quality and yield components of false flax (*Camelina sativa* Crtz.), *Die Bodenkultur*, 48(1), 15-21.
- Ali, S. Honermeier, B. (2013): Flavonoid concentrations of artichoke (*Cynara cardunculus* L.) leaves under the influence of harvest frequency and plant density. *J Medicinal & Spice Plants*, 18 (2):80-86.
- Amein, T., Wright, S.A., Wilkström, M., Koch, E., Schmitt, A., Stephan, D., Jahn, M., Tinivella, F., Gullino, M.L., Forsberg, G., Werner, S., van der Wolf, J., Groot, S. (2011): Evaluation of non-chemical seed-treatment methods for control of *Alternaria brassicicola* on cabbage seeds. *J. Plant Diseases and Protection*, 118(6), 214-221.
- Azizi, A., Yan, F. and B. Honermeier (2009): Herbage yield, essential oil content and composition of three oregano (*Origanum vulgare* L.) populations as affected by soil moisture regimes and nitrogen supply. *Industrial Crops & Products*, 29, 2-3, 554-561
- Bains S.S., Jhooty J.S. (1978): Relationship between mineral nutrition of muskmelon and development of downy mildew caused by *Pseudoperonospora cubensis*. *Plant Soil* 49: 85–90.
- Bathaeian, M., Kumar, N., Kogel, K-H. and J. Imani (2014): Veg'Lys, a plant extract for in-vitro microbe elimination. 28th General Assembly of German in Vitro Culture Working Group (ADVIK). 18-19. September 2014, Dresden-Pillnitz.
- Belbahri L., Calmin G., Pawlowski J., Lefort F. (2005): Phylogenetic analysis and Real Time PCR detection of a presumably undescribed *Peronospora* species on sweet basil and sage. *Mycological Research* 109, 1276-1287.
- Bhasin, P. Bansal, D., Yadav, O.P., Punia, A. (2011): In vitro antioxidant activity and phytochemical analysis of seed extracts of *Lepidium sativum* – a medicinal herb. *J. of Bioscience and Technology* 2(6), 410-415.
- Björkman, M., Klingen, I., Birch, A.N.E., Bondes, A.M., Bruce, J.A., Johansen, T.J., Meadow, R., Molmann, J., Seljasen, R., Smart, L.E., Stewart, D. (2011): Phytochemicals of Brassicaceae in plant protection and human health - influences of climate, environment and agronomic practice. *Phytochemistry*, 72, 538-556.
- Cohen Y. (1977): The combined effects of temperature, leaf wetness, and inoculum concentration on infection of cucumbers with *Pseudoperonospora cubensis*. *Canadian Journal of Botany* 55, 1478-1487.
- Constantinescu O, Fatehi, J. (2002): *Peronospora*-like fungi (Chromista, Peronosporales) parasitic on Brassicaceae and related hosts. *Nova Hedwigia* 74 (3-4): 291-338.

- Djalali Farahani-Kofoet R., Roemer P., Grosch R. (2012): Systemic spread of downy mildew in basil plants and detection of the pathogen in seed and plant samples. *Mycological Progress* 11, 961-966.
- Djalali Farahani-Kofoet, R., Römer, P., Grosch, R. (2014): Selecting basil genotypes with resistance against downy mildew. *Scientia Horticulturae* 179. 248-255.
- Doke, S., Guha, M. (2014): Garden cress (*Lepidium sativum* L.) – an important medicinal source – a review. *J. Nat. Prod. Plant Resources* 4(1), 69-80.
- El Modafar, C., El Boustani, E.S. (2005): The role of phenols in plant defense mechanisms. In: Regnault-Roger, C., Philogene, B.J.R., Vincent, C.: *Biopesticides of plant origin*. Lavoisier Publishing Paris, 157-171.
- Etebarian, H.R. (1995): Studies on infection rate of effect of sowing dates and some fungicides on white rust of cress in Varamin area. *Iranian Journal of Agricultural Sciences* 26: 1-7.
- Etebarian, H.R. (1993): Studies on white rust of radish and cress in Varamin and Shahr-e-Ray areas. *Iranian Journal of Plant Pathology* 29: 51-52.
- Föllner, Iris (2000): Untersuchungen von Leindotter (*Camelina sativa* (L.) Crtz.) auf Krankheiten unter besonderer Berücksichtigung von Falschem Mehltau (*Peronospora parasitica* (Pers.) Fr.). Dissertation Justus-Liebig Universität Gießen
- Imani, J. (2015): Mündliche Mitteilung vom 28. April 2015, Institut für Phytopathologie der JLU Gießen.
- Kreiselmaier, Jochen; Mahler, Kerstin (2009): Falscher Mehltau (*Plasmopara crustosa*) an Petersilie. Steckbrief Online im Internet: URL: [http://www.gartenakademie.rlp.de/Internet/global-/themen.nsf/ALL/EF716D5D53659C19C125717600570662/\\$FILE/Petersilie-FM-Steckbrief.pdf](http://www.gartenakademie.rlp.de/Internet/global-/themen.nsf/ALL/EF716D5D53659C19C125717600570662/$FILE/Petersilie-FM-Steckbrief.pdf)
- Loskill, B., Molitor, D. (2008): Ökologischer Weinbau: Regulierung der Schwarzfäule. *Das Deutsche Weinmagazin* 12, 8-12.
- Mandal, K., Patel, P.R., Maiti, S. (2008): First report of downy mildew on *Lepidium sativum* in India. *Australasian Plant Disease Notes* 3: 73-74.
- Mauch-Mani, B. (2002): Host Resistance to Downy Mildew Diseases. In: Spencer-Phillips, P.T.N., Gisi U, Lebeda A., *Advances in Downy Mildew Research*. Kluwer Academic Publishers London. 59-84.
- Mao Aijun; Wang, Youg-Jiaul; Feng, Lau-Xiang; Geng, San-Sheng (2004): Study on the Resistance Induced by Salicylic Acid against *Phytophthora capsici* in Pepper. *Scientia Agricultura Sinica*, 10, 2004.
- Mehta, N., Saharan, G.S., Sharma, O.P. (1995): Influence of temperature and free moisture on the infection and development of downy mildew on mustard. *Plant Disease Research* 10, 114-121.

- Molitor, D. (2009): Untersuchungen zur Biologie und Bekämpfung der Schwarzfäule (*Guignardia bidwellii*) an Weinreben. Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen, Geisenheimer Berichte, Band 65.
- Mostafa, M.H., Gado, E.A.M., Youssef, M.M. (2006): Induction of resistance in tomato plants against root-knot. *Austral. J Basic Appl. Sciences*, 7(1), 468-472.
- Mülhardt, C. (2013): *Der Experimentator: Molekularbiologie/Genomics*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- Osborn, A.E., Wubben, J.P., Melton, R.E., Carter, J.C., Daniels, M.J. (1998): Saponins in plant defense. In: Romeo, J.T., Downum, K.R., Verpoorte, R.: *Phytochemical signals and plant-microbe interactions*. Plenum Press, New York, 1-15.
- Neufeld K.N., Ojiambo P.S. (2012): Interactive effects of temperature and leaf wetness duration on sporangia germination and infection of cucurbit hosts by *Pseudoperonospora cubensis*. *Plant Disease* 96, 345-353.
- Palti J., (1989): Epidemiology, prediction and control of onion downy mildew caused by *Peronospora destructor*. *Phytoparasitica* 17, 31-48.
- Parthasarathy, V.A., Chempakam, B., Zachariah, T.J. (2008): *Chemistry of Spices*, CAB International
- Richter, E., Scharf, M., Herbener, M. (2010): Falscher Mehltau (*Bremia lactucae*) an Salat (*Lactuca sativa*) – Welches Potenzial haben Pflanzenschutzmittel ? *Journal für Kulturpflanzen*, 62(8), 287-298.
- Robideau, G.P., de Cock A.W.A.M., Coffey MD, Voglmayr, H., Brouwer, H., Bala, K., Chitty D.W., Désaulniers, N., Eggertson, Q.A., Gachon, C.M.M., Hu, C.-H., Küpper, F.C., Rintoul, T.L., Sarhan, E., Vestappen, E.C.P., Zhang, Y., Bonants, P.J.M., Ristaino, J.B., Lévesque, C.A. (2011): DNA barcoding of oomycetes with cytochrome *c* oxidase subunit I and internal transcribed spacer. *Molecular Ecology Resources* 11, 1002-1011.
- Sabaghia, N., Ahadnezhad, A., Janmohammdi, M. (2014): Genetic variation in garden cress (*Lepidium sativum* L.) germplasm as assessed by some morphological traits. *Gen. Resources and Crop Evolution*.
- Samandi, S., Ghasemnezhad, A., Naz, S. and J. Imani (2015): An approved protocol for cynara scolymus and momordica charantia seed surface sterilization for pre-explant in-vitro culture using allium extract. *J. of Biol. and Nat.* (in press).
- Sarikamis, G.; Yanmaz, R. (2011): Effects of cultivar and developmental stage on glucosinolates in garden cress (*Lepidium sativum* L.). *J Med Plants Res* 5(17), 4288-4392.
- Sarhan, A.R.T. (2007): New record of downy mildew disease on garden cress in Diwaniya Region in Iraq. *Arab Journal of Plant Protection* 25, 182-182.

- Schärer, H. J., Penzkofer, M., Reents, H.-J., Brändle F. (2009): Saatgut-Testmethoden für Falschen Mehltau an Feldsalat. 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Zürich.
- Scherf, A., Treutwein, J. (2012): Efficacy of leaf extract fractions of *Glycyrrhiza glabra* L. against downey mildew of cucumber. Eur. J. Plant Pathol., 134, 755-762.
- Shehzad, M., Tanveer, A., Ayub, M., Mubeen, K., Ibrahim, M., Qadir, I., Sarwar, N. (2013): Effect of weed-crop competition on growth and yield of garden cress. Sarhad J. Agric. 29(1).
- Smelcerovic, A., Spitteller, M., Zuehlke, S. (2006): Comparison of methods for the exhaustive extraction of hypericins, flavonoids, and hyperforin from *Hypericum perforatum* L. J. of Agric. and Food Chemistry 54, 2750-2753.
- Ullah, H., Honermeier, B. (2013): Fruit yield, essential oil concentration and composition of three anise cultivars (*Pimpinella anisum* L.) in relation to sowing date, sowing rate and locations. Ind. Crops and Products 42:489-499.
- Urbaniak, S.D., Caldwell, C.D., Zheljajzkov, Lada, R., Luan, L. (2008): The effect of seeding rate, seeding date and seeder type on the performace of *Camelina sativa* L. in the Maritme Provinces of Canada. Canadian J. of Plant Science. 88(3), 501-508.
- Van Wyk, B.E., Wink, M. (2004): Medicinal plants of the world, Briza Publications Pretoria.
- Vidotto, F., De Palo, F., Ferrero, A. (2013): Effect of short-duration high temperatures on weed seed germination, Annals of Appl. Biol. 163(3), 454-465
- Vogel, G. (1996): Handbuch des speziellen Gemüsebaues
- Yadav, L.R., Santosh, Ch., Keshwa, G.L., Sharma, O.P. (2013): Garden cress (*Lepidium sativum* L.) growth, productivity and nutrient uptake under different sowing dates, row spacing and nitrogen. Indian J. of Agron. 58(1), 114-118.

## **Masterarbeiten**

- Schlein, Daniela, 2015: *Perofascia lepidii* (Falscher Mehltau) - ein neuartiger Schaderreger in der Saatgutvermehrung von Kresse – Behandlungsmöglichkeiten mit verschiedenen Pflanzenschutzmitteln und Pflanzenstärkungsmitteln. Masterarbeit Universität Bonn, Landwirtschaftliche Fakultät

## Veröffentlichungen und Vorträge

- Djalali-Farahani-Kofoet, R., Brändle, F., Blum, H., Honermeier, B., Grosch, R.: Vorstellung des Projektes Maßnahmen zur Reduzierung von Pilzbefall bei Gartenkresse (*Lepidium sativum* L.) zur Gewinnung von erregerefreiem Saatgut im ökologischen Anbau. Mykologentagung der Deutschen Phytomedizinischen Gesellschaft, Stuttgart 2012.
- Djalali-Farahani-Kofoet, R., Brändle, F., Blum, H., Grosch, R.: Biologie der Erreger des Falschen Mehltaus und Weißen Rosts an Gartenkresse (*Lepidium sativum* L.) und deren Nachweis am Saatgut. Deutsche Pflanzenschutztagung Braunschweig 2012.
- Djalali-Farahani-Kofoet, R., Brändle, F., Duensing, R., Blum, H., Grosch, R.: Erste Ergebnisse zum Nachweis des Falschen Mehltau Erregers *Perofascia lepidii* an der Kresse. "Heil-, Duft- und Gewürzpflanzen" des Arbeitskreises "Phytomedizin im Gartenbau" der Deutschen Phytomedizinischen Gesellschaft, Bernburg 2013.
- Djalali-Farahani-Kofoet, R., Brändle, F., Duensing, R., Blum, H., Grosch, R.: Der Falsche Mehltau an Gartenkresse – eine Gefahr für die heimische Kressevermehrung. DGG-Tagung, Bonn 2013.
- Djalali-Farahani-Kofoet, R., Duensing, R., Brändle, F., Blum, H., Grosch, R.: *In vivo* und *in vitro* Untersuchungen zu *Perofascia lepidii* dem Falschen Mehltau an Gartenkresse. Deutsche Mykologentagung der Deutschen Phytomedizinischen Gesellschaft, Aachen 2014.
- Djalali-Farahani-Kofoet, R., Duensing, R., Brändle, F., Blum, H., Grosch, R.: *Perofascia lepidii*- der Erreger des Falschen Mehltaus an Gartenkresse – eine Gefahr in der Saatgutproduktion von Gartenkresse im ökologischen Anbau. Deutsche Pflanzenschutztagung, Freiburg 2014.
- Honermeier, B., Blum, H., Zeller, S., Djalali-Farahani-Kofoet, R.: Maßnahmen zur Reduzierung von Pilzbefall bei Gartenkresse (*Lepidium sativum* L.) zur Gewinnung von erregerefreiem Saatgut im ökologischen Anbau – Vorstellung des Projektes und ausgewählter Ergebnisse. Vortrag, FAH-Tagung (Forschungsvereinigung der Arzneimittel-Hersteller) Bonn, 4. 12. 2013.
- Honermeier, B.: Gesunde Kresse-Saat - Ergebnisse aus einem aktuellen BÖLN-Projekt. Bioland-Fachmagazin (2015)2.
- Zeller, S., Honermeier, B.: Untersuchungen zur Bekämpfung von Falschem Mehltau bei Gartenkresse (*Lepidium sativum* L.) unter den Bedingungen des ökologischen Anbaus – Vorstellung des Projektes und erste Ergebnisse. Mitteilungen der Ges. für Pflanzenbauwissenschaften Band 24(2012)310-311.
- Zeller, S., Honermeier, B.: Einfluss von Saatgutbehandlung und Wachstumsbedingungen auf den Befall mit Falschem Mehltau und den Kornertrag von

Gartenkresse (*Lepidium sativum* L.). Mitteilungen der Ges. für Pflanzenbauwissenschaften Band 25(2013)219-220.

Zeller, S., Honermeier, B.: Auftreten von Falschem Mehltau bei Gartenkresse (*Lepidium sativum* L.) in der Saatgutvermehrung – Evaluierung von Saatgutbehandlung und Wachstumsbedingungen in einem Gefäßversuch. 7. Tagung Arznei- und Gewürzpflanzenforschung Wien, 14.-17. September 2014, Julius-Kühn-Archiv 446(2014)29-30.

### **Sonstige Vorträge**

Zeller, S.: Occurrence and control of Downey mildew in Garden Cress (*Lepidium sativum* L.) under the conditions of organic farming. Poster presentation, Giessen Graduate Centre for the Live Sciences (GGL), Annual Conference 17.09.-18.09.2014, Justus Liebig University Giessen

Zeller, S.: Effect of growing conditions on Downy mildew infection in Garden Cress (*Lepidium sativum* L.) under the conditions of organic farming. Oral presentation, Giessen Graduate Centre for the Live Sciences (GGL), 16.07.2014.

Zeller, S.: Untersuchungen zur Bekämpfung des Falschen Mehltaus bei Gartenkresse unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus. Poster, IOSDV-Sommertagung Rauschholzhausen 16. Juni 2014.

### **Angemeldete Beiträge**

Djalali-Farahani-Kofoet, R., Duensing, R., Brändle, F., Blum, H., Grosch *Perofascia lepidii*- the causal agent of downy mildew on garden cress (*Lepidium sativum* L.). International Plant Protection Congress, Berlin 2015.

## **Anhang 1: Erfolgskontrollbericht**

### **1. Beitrag der Ergebnisse zu den förderpolitischen Zielen**

Das Vorhaben ist im Themenkomplex „Pflanzliche Erzeugung“ im Bereich Pflanzenschutz mit phytosanitären Fragestellungen angesiedelt. Das Forschungsvorhaben ist ein Teil der Entwicklung von Anbauverfahren für Sonderkulturen im ökologischen und integrierten Anbau. Die Arbeiten sind darauf ausgerichtet, den nachhaltigen und umweltgerechten Anbau einer Sonderkultur insbesondere unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus in Deutschland sicher zu stellen.

### **2. Wissenschaftlich-technisches Ergebnis des Vorhabens, Nebenergebnisse und gesammelte Erfahrungen**

Im Rahmen des Projektes wurden Erfahrungen zum Wachstumsverhalten und zum Anbau-Management der Saatgutvermehrung der Gartenkresse in Deutschland gewonnen. Von den 93 *Lepidium*-Akzessionen, die auf Anfälligkeit gegen *P. lepidii* SE 1-11 geprüft wurden, konnten keine resistenten Genotypen selektiert werden. Im Ergebnis der Prüfung der Wirtsspezifität von *P. lepidii* SE 1-11 an einigen ausgewählten Brassica-Kulturarten wie Raps und Senf sowie dem Cruciferen-Unkraut, Acker-Schmalwand, wurden diese als Nicht-Wirte eingestuft. Der Erreger verursachte auf diesen Kulturen weder Symptome noch war eine Vermehrung zu beobachten. Mittels Grow-out-Tests, durchgeführt unter kontrollierten Bedingungen, konnte der Erreger nicht nachgewiesen werden. Mittels PCR war jedoch ein Nachweis des Erregers im Stängel in einzelnen Proben gegeben. Im Gegensatz zum Grow-out-Test unter kontrollierten Bedingungen, konnte der Erreger in einigen Saatgutchargen im Feld während der Vegetationsjahr 2013 nachgewiesen werden mit der Folge einer epidemischen Verbreitung. Untersuchungen von Bodenproben aus Praxisflächen zeigten, dass die Proben eine Kontamination mit dem Erreger aufwiesen und somit ebenfalls primäre Inokulumquelle für die nachfolgende Kultur sein können. Des Weiteren konnte der Erreger in Bodenproben nachgewiesen werden, auf denen Kresse sechs Jahre zuvor angebaut wurde und kranke Pflanzen in den Boden eingearbeitet wurden. Demnach kann *P. lepidii* mindestens bis zu sechs Jahren im Boden überdauern. Als Nebenergebnisse des Projektes wurden Kenntnisse über die phylogenetische Verwandtschaft sowie über phänotypische Merkmale der Genbank-Akzessionen von *Lepidium sativum* L. des IPK gewonnen. Darüber hinaus konnte der Nachweis der Haupt-Glukosinolate, die in Garten-Kresse für das Aroma und die ernährungsphysiologische Wirkung mit verantwortlich sind, erbracht werden.

### **3. Verwertungsplan**

Die Ergebnisse des Projektes werden im Jahr 2015 wie folgt verwertet:

- Fachliche Betreuung der Saatgutvermehrungsbetriebe (Ökoplant e. V.),
- Unterstützung bei der Produktion von Elite-Saatgut (befallsfrei, hohe Keimfähigkeit) von Gartenkresse zur weitere Vermehrung (Bingenheimer Saatgut AG, IDENTXX, Ökoplant e. V.),
- Durchführung eines Feldtages Gartenkresse in NRW im Juni 2015 (Ökoplant e. V.),
- Erarbeitung und Veröffentlichungen eines Flyers mit Empfehlungen zum Anbau und zur Vermehrung von Garten-Kresse in Deutschland (JLU Gießen).

### **Erfindungen**

Entfällt. Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden keine Erfindungen gemacht.

### **Wirtschaftliche Erfolgsaussichten**

Kurz- und mittelfristig werden die wirtschaftlichen Erfolgsaussichten als hoch eingestuft. Mit dem erlangten Wissen zur Verbreitung und Überdauerung des Erregers im Boden und der Notwendigkeit der Erhöhung des Stichprobenumfangs zur Identifizierung von latentem Saatgut kann in Zukunft die Falsche Mehltau-Infektion in der Gartenkresse besser erkannt und vermindert werden.

Aus den Ergebnissen zur Biologie von *P. lepidii* ist zu entnehmen, dass das Pathogen in einem weiten Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsbereich leben und sich den Kulturbedingungen seiner Wirtspflanze gut anpassen kann. Deshalb ist die Berücksichtigung von Hygienemaßnahmen im Feld eine wichtige Aufgabe der Saatgutvermehrung, um die Verbreitung des Erregers im Bestand und zwischen den Beständen zu verhindern.

Wie die Ergebnisse aus dem Grow-out-Test im Feld zeigen, kann sich von kontaminiertem Saatgut aus eine Epidemie entwickeln. Die Saatgutvermehrung müssen davon ausgehen, dass das vermehrte Saatgut mit Falschem Mehltau kontaminiert sein kann. Durch die schnelle und sensible PCR-Nachweismethode kann das Saatgut auf Kontamination untersucht werden. Dabei sollten Saatgutpartien bei einem negativen PCR-Befund der standardmäßig angewandten dreifachen Wiederholung noch eingehender untersucht werden.

Die Anbauer der Gartenkresse haben zum Teil überhöhte Aussaatmengen verwendet, die zu sehr hohen Pflanzendichten mit negativen Folgen auf das Mikroklima im Pflanzenbestand, auf die Halmstabilität der Pflanzen und auf die Ausbreitung des Falschen Mehltaus führten. Das Monitoring in der Praxis und die Parzellenversuche konnten diesen Zusammenhang identifizieren. Daraus werden

Schlussfolgerungen und Empfehlungen zur verbesserten Etablierung von Pflanzenbeständen im Vermehrungsanbau der Gartenkresse abgeleitet.

### **Wissenschaftliche Erfolgsaussichten**

Die vorliegenden wissenschaftlichen Ergebnisse sind geeignet, um sie in wissenschaftlichen Zeitschriften und in Tagungsbänden zu publizieren. So ist geplant, die wissenschaftlichen Ergebnisse des Projektes auf einem internationalen Fachkongress vorzustellen: Djalali-Farahani-Kofoet, R., Duensing, R., Brändle, F., Blum, H., Grosch *Perofascia lepidii*- the causal agent of downy mildew on garden cress (*Lepidium sativum* L.). International Plant Protection Congress, Berlin 2015. Bereits während der Projektphase wurden Teilergebnisse auf internationalen Kongressen vorgestellt und damit auf das Forschungsvorhaben aufmerksam gemacht (siehe Veröffentlichungen: Zeller & Honermeier 2014 und Zeller 2014). Mit den Ergebnissen des Teilprojektes der JLU Gießen wird darüber hinaus eine Dissertationsschrift erarbeitet, die im Jahr 2015 fertig gestellt wird.

Insgesamt kann eingeschätzt werden, dass mit dem durchgeführten Forschungsvorhaben auch ein Beitrag zur wissenschaftlichen Reputation des Forschungsstandortes Deutschland bzw. der am Projekt beteiligten Partner geleistet wird.

### **Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit**

Die im Rahmen des Projektes gewonnenen Kenntnisse und Erfahrungen stellen eine gute Grundlage für weiterführende Untersuchungen zur Wirksamkeit und Applikation von Pflanzen-Extrakten dar.

In der Projektverlängerung, Vegetationsjahr 2014, konnte ein starkes Auftreten des WR im Kressebestand festgestellt werden. Es wäre von großer Bedeutung das Auftreten von *Albugo lepidii* und die Interaktion dieses Erregers mit *P. lepidii*, der weiterhin ein großes Gefährdungspotential für die Kressesaatgut-Vermehrung darstellt, zu prüfen. Weiterhin von Interesse ist die Nachverfolgung der Virulenz der Erregerpopulationen aus den verschiedenen Anbaugebieten.

### **4. Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben**

Es muss festgestellt werden, dass eine vollständige und effiziente Bekämpfung des Falschen Mehltaus unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus gegenwärtig noch nicht möglich ist. Mit den im Projekt untersuchten Pflanzenstärkungsmitteln und

Pflanzen-Extrakten konnten entweder keine und nur geringe Effekte beobachtet werden.

Die in der Vorhabenbeschreibung aufgeführten Ziele des IGZ wurden nahezu alle erreicht. Lediglich die Untersuchungen zur Biologie des Erregers des WR, *Albugo lepidii*, konnten nicht durchgeführt werden, da der Erreger in den zwei Projektjahren nicht auftrat.

## **5. Präsentationsmöglichkeiten**

Die Ergebnisse können auf Fachtagungen, Feldtagen und in Fachzeitschriften, inkl. Praxis-Zeitschriften vorgestellt werden. Es wird empfohlen, die Gesamtergebnisse des Projektes vor allem auf Fachtagungen vorzustellen.

## **6. Einhaltung der Ausgaben- und Zielplanung**

Der Finanzierungsplan des Projektes wurde eingehalten. Die geplanten Ausgaben wurden nicht überzogen. Kleinere Umwidmungen von Kostenpositionen wurden während der Projektphase vorgenommen und vorher mit dem Projektgeber abgestimmt. Nach Beendigung des Projektes wurde die Notwendigkeit einer Verlängerung des Projektes (für Ökoplant und IGZ) angestrebt, um bisherige Erkenntnisse zum Nachweis von primären Inokulumquellen zu bestätigen. Die Belegliste der Ausgaben und der Abschlussbericht zu den finanziellen Ausgaben werden vom Projektverantwortlichen (JLU Gießen) bis zum 30. Juni 2015 im System „Profi-online“ eingereicht und ausgewiesen.

Das Gesamt-Ziel des Forschungsprojektes wurde erreicht.

## Anhang 2: Abbildungen und Tabellen

**Tab. A1:** Spezifische Angaben als Schlaggrunddaten, Kressevermehrungsflächen 2012

Standort	Betrieb Hessen-Mitte	Betrieb Rheinl.-Pfalz	Betrieb Hessen-West links	Betrieb Hessen-West rechts	Betrieb Thüringen 1	Betrieb Thüringen 2
Schlaggröße (m <sup>2</sup> )	4020	68120	26200	44100	31000	27000
Bodenart	sandiger Lehm	schluffiger Lehm	Schieferverwitterung mit Lehm	Schieferverwitterung mit Lehm		
Bodenpunkte	27	35	32	32	80	52
Vorfrucht	Dinkel	Winterweizen	Dinkel	Dinkel	Winterweizen	Dinkel
Vorvorfrucht	2 j. Klee gras	Sudangras			Kartoffeln	Sommergerste
Nährstoffgehalt (mg 100 g <sup>-1</sup> ) und (Klassen)*:						
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	9 (B)	16 (C)	7 (B)	8 (B)	keine Angaben	10 (B)
K <sub>2</sub> O	18 (D)	15 (C)	20 (B)	12 (C)	keine Angaben	17 (C)
MgO	13 (E)	5 (B)	12 (C)	11 (C)	keine Angaben	10 (C)
pH	6.4	5.9	6.6	6.3	keine Angaben	7.1 (D)
Düngung	nein	nein	nein	nein	ja (400 kg/ha Haarmehlpellets), entspricht ca. 60 kg N/ha)	nein
Reiheabstand (cm)	42	12	12	12	37.5	12.5
Tiefe (cm)	1 bis 2	1	1	1	2 bis 3	2 bis 3
Aufwandmenge kg/ha	4.7	11	11	11	5	10
Untersaat	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Saatgut	Einfache Kresse, Bingenheimer S. (G250 50840/12)	eigener Nachbau, Einfache Kresse	eigener Nachbau, Einfache Kresse			
TKM (g)	2.83	?	?	?	?	?
nachgewiesene Krankheitserreger	<i>Albugo</i> spc. (kein <i>Perofascia lepidii</i> und kein <i>Albugo lepidii</i> )	Kein <i>Perofascia lepidii</i>	Kein <i>Perofascia lepidii</i>	Kein <i>Perofascia lepidii</i>	Kein <i>Perofascia lepidii</i>	nicht untersucht

**Tab. A2:** Management und Pflegemaßnahme auf den Vermehrungsflächen 2012

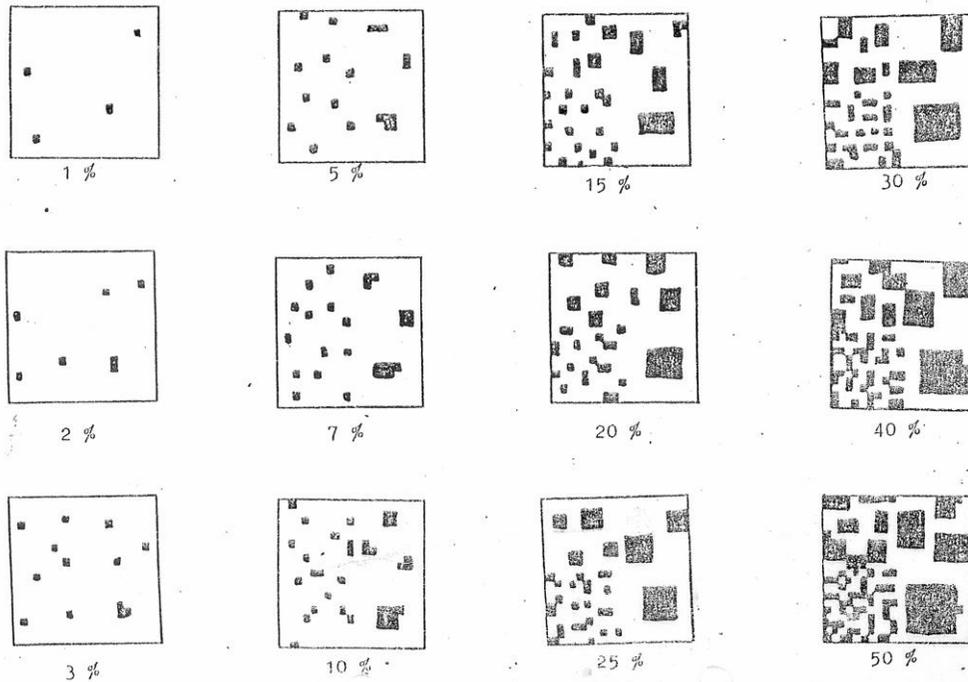
Standort	Betrieb Hessen Mitte	Betrieb Rheinland-Pfalz	Betrieb Hessen-West, Fläche links	Betrieb Hessen West Fläche rechts	Betrieb Thüringen 1	Betrieb Thüringen 2
Management	<p><b>Aug. 2011:</b> Stoppelumbruch m. Grubber, Zwischenfruchteinsaat "Lauenauer Aktivhumus" (Kreiselegge, Drillmaschine), <b>30.01.2012</b> Scheibenegge, <b>14.03.2012</b> Saatbettkombination und Pflanzenstärkung mit Hornmist, <b>17.04.2012</b> Saat (Einzelkorn, Reihenabstand 42,5 cm, Tiefe 1-2 cm), <b>08.05.2012</b> Maschinenhacke, <b>08.06.2012</b> Machinenhacke, <b>08.08.2012</b> Mähdrusch</p>	<p><b>Herbst 2011</b> mehrfach grubbern, <b>18.03.2012</b> ECODYN, <b>01.05.2012</b> Saat (Getreide- drillmaschine, Reihenabstand 12,5 cm, Tiefe 1 cm), <b>02.08.2012</b> Ernte (Drusch)</p>	<p><b>Herbst 2011</b> zweimal grubbern, <b>Dez. 11</b> pflügen, <b>19.03.12</b> eggen, <b>02.05.2012</b> Saat (Getreide- drillmaschine, Reihenabstand 12,5 cm, Tiefe 1 cm), <b>02.08.2012</b> Ernte (Drusch)</p>	<p><b>Herbst 2011</b> zweimal grubbern, <b>30.01.2012</b> pflügen, <b>19.03.2012</b> eggen, <b>02.05.2012</b> Saat (Getreide- drillmaschine, Reihenabstand 12,5 cm, Tiefe 1 cm), <b>02.08.2012</b> Ernte (Drusch)</p>	<p><b>19.+ 20.04.2012</b> Saat (Reihenabstand 37,5 cm, Tiefe 2- 3 cm), <b>11.-15.05.2012</b> Maschinenhacke <b>06.06.-</b> <b>05.07.2012</b> verschiedene Spritzungen, <b>23.+24.05.2012</b> Maschinenhacke , <b>09.08.2012</b> Ernte (Mähdrusch)</p>	<p><b>16.08.2011</b> Ernte, Dinkelstroh gehäckselt, <b>22.08.2011</b> grubbern, <b>24.+25.10.2011</b> pflügen (22-25 cm), <b>26.03.2012</b> Feingrubber (6-8 cm), <b>14.04.2012</b> Feingrubber (6-8 cm), <b>16.04.2012</b> Saat (Kreiselegge+Sämaschi ne, Reihenabstand 12,5 cm, 2-3 cm), <b>14.08.2012</b> Mähdrusch, <b>22.08.2012</b> Kressestroh gemulcht, <b>23.08.2012</b> grubbern (10 cm), <b>06.09.2012</b> grubbern (10 cm)</p>

**Tab. A3:** Spezifische Angaben zur Nährstoffversorgung der Vermehrungsflächen von 2013

<b>Standort</b>	<b>Betrieb Sachsen</b> Fläche 1	<b>Betrieb Sachsen</b> Fläche 2	<b>Betrieb Hessen-West</b> (WK Bingenheim)	<b>Betrieb Hessen-West</b> (WKENZA)	<b>Betrieb Hessen-West</b> (WKHILD)	<b>Betrieb Rheinl.-Pfalz</b> Schlag Groß	<b>Betrieb Rheinl.-Pfalz</b> SchlagRbh
<b>Nährstoff- gehalt</b> (mg 100 g <sup>-1</sup> )							
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	9,2	6,2	7 (B)	8 (B)	10 (B)	16 (C)	16 (C)
<b>K<sub>2</sub>O</b>	14,2	8,0	20 (B)	14 (C)	16 (C)	15 (C)	15 (C)
<b>MgO</b>	6,0	4,1	12 (C)	13(C)	11(C)	5 (B)	5 (B)

Die schwarz markierten Flächen stellen den prozentualen Deckungsgrad der jeweiligen Figur dar, welcher unter den Quadraten angegeben ist

*Handwritten note: "Krankheitsbefall!"*



**Logarithmischer Boniturschlüssel :**

1 fehlend	0 %
2 sehr gering bis gering	> 0 - 2,5 %
3 gering	> 2,5 - 5 %
4 gering bis mittel	> 5 - 10 %
5 mittel	> 10 - 15 %
6 mittel bis stark	> 15 - 25 %
7 stark	> 25 - 35 %
8 stark bis sehr stark	> 35 - 67,5 %
9 sehr stark	67,5 - 100 %

**Boniturschlüssel:**

*Krankheitsbefall  
Aufgangsstärke  
Bestandesdichte  
Winterfestigkeit  
Einheitl. d. Blühori.  
Vergilben der unt. Blätter  
Stielchenbesatz  
Lager*

- 1 fehlend oder sehr gering
- 2 sehr gering bis gering
- 3 gering
- 4 gering bis mittel
- 5 mittel
- 6 mittel bis stark
- 7 stark
- 8 stark bis sehr stark
- 9 sehr stark

**Abb. A4:** Boniturhilfen: Einschätzung des Deckungsgrades

**Tab. A5:** Bonitur Steckenroth, Betrieb Hessen-West, 2011

	<b>Bonitur: 24.07.2011</b>				<b>Bonitur: 12.08.2011</b>				<b>Bonitur: 18.8.2011</b>			
	<b>MP 1</b>	<b>MP 2</b>	<b>MP 3</b>	<b>MP 4</b>	<b>MP 1</b>	<b>MP 2</b>	<b>MP 3</b>	<b>MP 4</b>	<b>MP 1</b>	<b>MP 2</b>	<b>MP 3</b>	<b>MP 4</b>
Generelle Beurteilung des Schlages	Gesamter Bestand nur leicht befallen. In den Senken geringer Befall, nachträglich gesäte Kresse leicht befallen. Befallseinschätzung Gesamtbestand: 2				Gesamter Bestand gering befallen. Befallseinschätzung Gesamtbestand: 3				Gesamter Bestand gering befallen, in den Senken und der nachträglich gesäten Spur deutlich stärkerer Befall Befallseinschätzung Gesamtbestand: 4			
Entwicklungszustand der Pflanzen	BBCH (Raps): Frucht- und Samenreife: 85; leichte Lagerbildung				BBCH: Frucht- und Samenreife: 87; leichte Lagerbildung				BBCH: 89			
Ø Pflanzenhöhe in cm (jeweils 10 Pflanzen/MP)	75	110	120	105	79	85	110	95	80	100	110	95
Ø Pflanzenzahl/m <sup>2</sup>	183	375	325	433	250	341	358	308	216	425	333	416
	<b>Unterer Pflanzenbereich</b>											
Schadsymptom:	Blätter abgestorben (schwarz, bräunlich), keine typischen Befallssymptome erkennbar				Keine typischen Symptome für FM erkennbar, vereinzelt				Schwärzungen am Stängel, nicht unbedingt FM zuzuordnen			
Befallsstärke:	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	2
Befall %:	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0–2,5 %	2,5-5 %	2,5-5 %	0–2,5 %

<b>Mittlerer Pflanzenbereich</b>												
Schadsymptom:	Verbräunungen, leichte Verdrehungen, weißlicher Belag				Deformationen, Verbräunungen, Verdrehungen, gräulich-weißlicher Belag							
Befallsstärke:	1	2	3	2	1	3	3	2	1	3	3	2
Befall %:	0 %	2 %	4 - 5 %	2 %	0 %	2,5-5 %	2,5-5 %	0-2,5 %	0 %	2,5-5 %	2,5-5 %	0-2,5 %
<b>Oberer Pflanzenbereich</b>												
Schadsymptome:	Verbräunungen, Verdrehungen, Deformationen, weißlicher Belag auf den Samenständen				Verbräunungen, Verdrehungen, Deformationen, grau-weißlicher Belag auf den Samenständen und den Stängeln (und Verschwärzungen)							
Befallsstärke:	2	3	3	2	2	5	5	2	2	6	5	2
Befall %:	0-2,5 %	0-2,5 %	2,5-5 %	0-2,5	0-2,5	10-15 %	10-15 %	0-2,5	0-2,5	15-25 %	10-15 %	0-2,5
Befallshäufigkeit	10 %	50 %	60 %	20 %	10	60	60	30	40	90	90	50
<b>0 =kein Befall 3=geringer Befall 5=mittlerer Befall 7=starker Befall 9=sehr starker Befall, Totalausfall</b>												
Unkrautarten-spektrum	Im unteren Feldbereich stärkerer Unkrautbesatz: Kornblume, Gänsefuß, Melde, Knöterich, Ackerhellerkraut, Mohn											
Symptome ähnlich F. M. an Unkraut	keine											
Untersuchung des Erntegutes	Keine Kontamination nachgewiesen											
Ertrag, aufbereitetes Saatgut in kg/ha (hochgerechnet von jeweils 1 m <sup>2</sup> )									264	210	200	230
TKM in g									2,78	2,70	2,64	2,74

**Tab. A6:** Bonitur Steckenroth, Betrieb Hessen-West, 2011

	<b>Bonitur: 24.07.2011</b>				<b>Bonitur: 18.8.2011</b>			
	<b>MP 1</b>	<b>MP 2</b>	<b>MP 3</b>	<b>MP 4</b>	<b>MP 1</b>	<b>MP 2</b>	<b>MP 3</b>	<b>MP 4</b>
Generelle Beurteilung des Schlages	Gesamter Bestand nur leicht befallen. In den Senken geringer Befall, nachträglich gesäte Kresse leicht befallen.				Gesamter Bestand gering befallen, in den Senken und der nachträglich gesäten Spur deutlich stärkerer Befall			
	Befallsstärke Gesamtbestand: 2				Befallsstärke Gesamtbestand: 4			
Entwicklungszustand der Pflanzen	BBCH (Raps): Frucht- und Samenreife: 85; leichte Lagerbildung				BBCH: 89			
Ø Pflanzenhöhe in cm (jeweils 10 Pflanzen/MP)	75	110	120	105	80	100	110	95
Ø Pflanzenzahl/m <sup>2</sup>	183	375	325	433	216	425	333	416
<b>Unterer Pflanzenbereich</b>								
Schadsymptom:	Blätter abgestorben (schwarz, bräunlich), keine typischen Befallssymptome erkennbar				Schwärmungen am Stängel, nicht unbedingt FM zuzuordnen			
Befallsstärke:	1	1	1	1	2	3	3	2
Befall %:	0 %	0 %	0 %	0 %	0-2,5 %	2,5-5 %	2,5-5 %	0-2,5 %
<b>Mittlerer Pflanzenbereich</b>								
Schadsymptom:	Verbräunungen, leichte Verdrehungen, weißlicher Belag				Deformationen, Verbräunungen, Verdrehungen, grünlich-weißlicher Belag			
Befallsstärke:	1	2	3	2	1	3	3	2
Befall %:	0 %	2 %	4 - 5 %	2 %	0 %	2,5-5 %	2,5-5 %	0-2,5 %
<b>Oberer Pflanzenbereich</b>								
Schadsymptome:	Verbräunungen, Verdrehungen, Deformationen, weißlicher Belag auf den Samenständen				Verbräunungen, Verdrehungen, Deformationen, grau-weißlicher Belag auf den Samenständen und den Stängeln (und Verschwärmungen)			
Befallsstärke:	2	3	3	2	2	6	5	2
Befall %:	0-2,5 %	0-2,5 %	2,5-5 %	0-2,5	0-2,5	15-25 %	10-15 %	0-2,5
Befallshäufigkeit	10 %	50 %	60 %	20 %	40	90	90	50
<b>0 =kein Befall 3=geringer Befall 5=mittlerer Befall 7=starker Befall 9=sehr starker Befall, Totalausfall</b>								
Unkrautarten-spektrum	Im unteren Feldbereich stärkerer Unkrautbesatz: Kornblume, Gänsefuß, Melde, Knöterich, Ackerhellerkraut, Mohn							
Symptome ähnlich F. M. an Unkraut	keine							
Untersuchung des Erntegutes	Keine Kontamination nachgewiesen							
Ertrag, aufbereitetes Saatgut in kg/ha					264	210	200	230
TKM in g					2,78	2,70	2,64	2,74

**Tab. A7:** Bonitur Michelbach 1, Betrieb Hessen-West, 2011

	Bonitur: 24.07.2011			Bonitur: 12.08.2011			Bonitur: 18.8.2011		
	MP 1	MP 2	MP 3	MP 1	MP 2	MP 3	MP 1	MP 2	MP 3
Generelle Beurteilung des Schlages	Gesamter Bestand nur sehr leicht befallen. Befallsstärke Gesamtbestand: 2								
Entwicklungszustand der Pflanzen	BBCH (Raps): Frucht- und Samenreife: 85			BBCH: Frucht- und Samenreife: 87			BBCH: 89		
Ø Pflanzenhöhe in cm (jeweils 10 Pflanzen/MP)	73	56	70	76	72	70	80	75	86
Ø Pflanzenzahl/lfd. Meter	37	31	39	42	48	38	43	39	49
Ø Pflanzenzahl/m <sup>2</sup>	308	258	325	350	400	316	358	325	408
	<b>Mittlerer Pflanzenbereich</b>								
Schadsymptome:	leichte Verdrehungen, weißlicher Belag und Verbräunungen der Stängel								
Befallsstärke:	1	2	1	1	2	2	2	3	3
Befall %:	0 %	2 %	0 %	0 %	2 %	2 %	2 %	2,5-5 %	2,5-5 %

	Bonitur: 24.07.2011			Bonitur: 12.08.2011			Bonitur: 18.8.2011		
	MP 1	MP 2	MP 3	MP 1	MP 2	MP 3	MP 1	MP 2	MP 3
	<b>Oberer Pflanzenbereich</b>								
Schadsymptome:	Verbräunungen, Verdrehungen, Deformationen, weißlicher Belag auf den Samenständen			Verbräunungen, Verdrehungen, Deformationen, grau-weißlicher Belag auf den Samenständen und den Stängeln (und Verschwärzungen)					
Befallsstärke:	3	3	3	3	4	3	3	5	4
Befall %:	2,5-5 %	2,5-5 %	2,5-5 %	2,5-5 %	5-10 %	2,5-5 %	2,5-5 %	10-25 %	5-10 %
Befallshäufigkeit	20 %	30 %	20 %	30 %	60 %	40 %	30 %	70 %	70 %
<b>0 =kein Befall 3=geringer Befall 5=mittlerer Befall 7=starker Befall 9=sehr starker Befall, Totalausfall</b>									
Unkrautarten-spektrum	Kornblume, Mohn, Senf, Melde, Ackerstiefmütterchen, Windenknöterich, Ehrenpreis, Quecke, Ackerkratzdistel, Ackergänsedistel								
Symptome ähnlich F. M. an Unkraut	keine								
Untersuchung des Erntegutes				Keine Kontamination nachgewiesen		Keine Untersuchung		Keine Untersuchung	
Ertrag, aufbereitetes Saatgut in kg/ha (hochgerechnet von jeweils 1 m²)				422		400		431	
TKM in g				2,63		2,61		2,63	

**Tab. A8:** Bonitur Michelbach 2, Betrieb Hessen-West, 2011

	Bonitur: 24.07.2011			Bonitur: 12.08.2011			Bonitur: 18.8.2011		
	MP 1	MP 2	MP 3	MP 1	MP 2	MP 3	MP 1	MP 2	MP 3
Generelle Beurteilung des Schlages	Gesamter Bestand eher gering befallen. Starker Befall im unteren Feldbereich breitete sich langsam bis in die Feldmitte aus. Befallsstärke Gesamtbestand: 3								
Entwicklungszustand der Pflanzen	BBCH (Raps): Frucht- und Samenreife: 85			BBCH: Frucht- und Samenreife: 87			BBCH: 89		
Ø Pflanzenhöhe in cm (jeweils 10 Pflanzen/MP)	84	80	100	80	77	110	95	105	100
Ø Pflanzenzahl/lfd. Meter	89	72	94	110	77	83	103	112	81
Ø Pflanzenzahl/m²	741	600	783	916	641	691	858	933	675
	<b>MP 1</b>	<b>MP 2</b>	<b>MP 3</b>	<b>MP 1</b>	<b>MP 2</b>	<b>MP 3</b>	<b>MP 1</b>	<b>MP 2</b>	<b>MP 3</b>
	<b>Mittlerer Pflanzenbereich</b>								
Schadsymptom:	Verdrehungen, weißlicher Belag und Verbräunungen der Stängel, schwarze Blätter								
Befallsstärke:	2	2	4	2	2	5	2	3	5
Befall %:	0-2,5 %	0-2,52 %	5-10 %	0-2,5 %	0-2,5 %	10-15 %	0-2,5 %	2,5-5 %	10-15 %

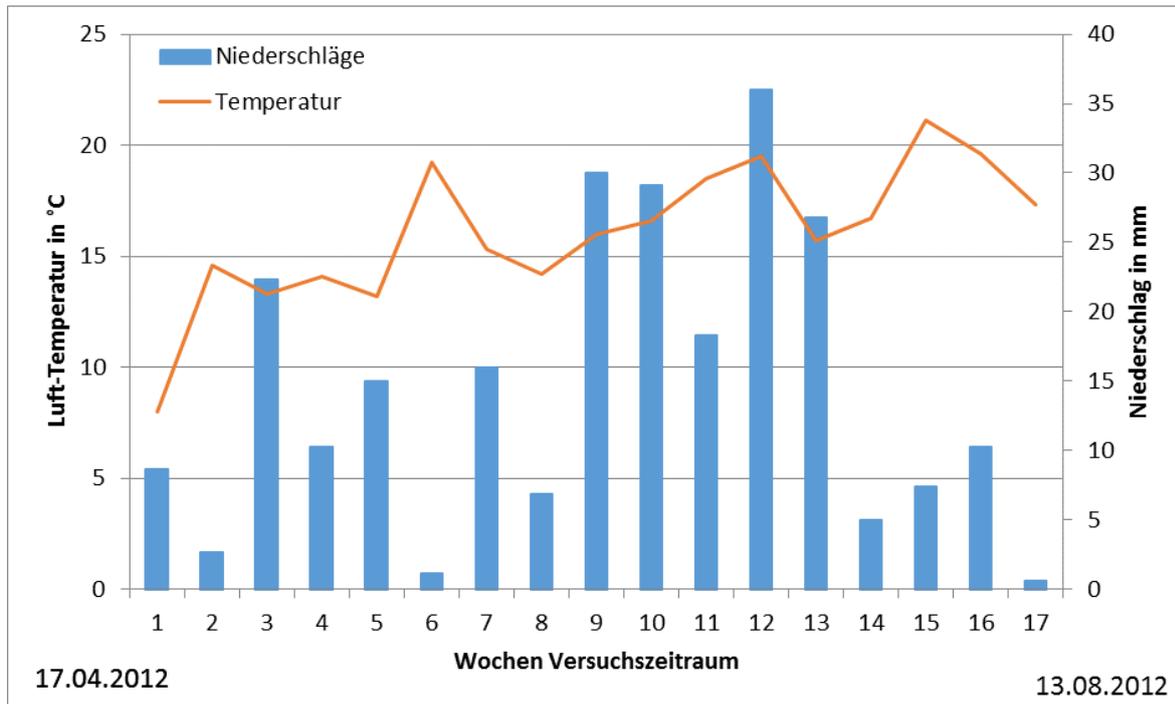
	Bonitur: 24.07.2011			Bonitur: 12.08.2011			Bonitur: 18.8.2011		
	MP 1	MP 2	MP 3	MP 1	MP 2	MP 3	MP 1	MP 2	MP 3
	<b>Oberer Pflanzenbereich</b>								
Schadsymptome:	Verbräunungen, Verdrehungen, Deformationen, weißlicher Belag auf den Samenständen			Verbräunungen, Verdrehungen, Deformationen, gräulicher Belag auf den Samenständen und den Stängeln, Verschwärzungen					
Befallsstärke:	2	3	7	3	4	7	3	5	8
Befall %:	0-2,5 %	2,5-5 %	25-35 %	2,5-5 %	5-10 %	25-35 %	2,5-5 %	15-25 %	35-67 %
Befallshäufigkeit	10 %	30 %	80 %	10 %	30 %	90 %	20 %	40 %	90 %
<b>0 =kein Befall 3=geringer Befall 5=mittlerer Befall 7=starker Befall 9=sehr starker Befall, Totalausfall</b>									
Unkrautarten-spektrum	Kornblume, Mohn, Senf, Melde, Ackerstiefmütterchen, Windenknöterich, kl. Brennessel, Ackerkratzdistel, Ackergänsedistel								
Symptome ähnlich F. M. an Unkraut	keine								
Untersuchung des Erntegutes				Keine Kontamination nachgewiesen		Keine Untersuchung		<i>Perofascia lepidii</i>	
Ertrag, aufbereitetes Saatgut in kg/ha (hochgerechnet von jeweils 1 m <sup>2</sup> )				1167		820		404	
TKM in g				2,62		2,63		2,68	

**Tab. A9:** Bonitur Michelbach 3, Hessen-West, 2011

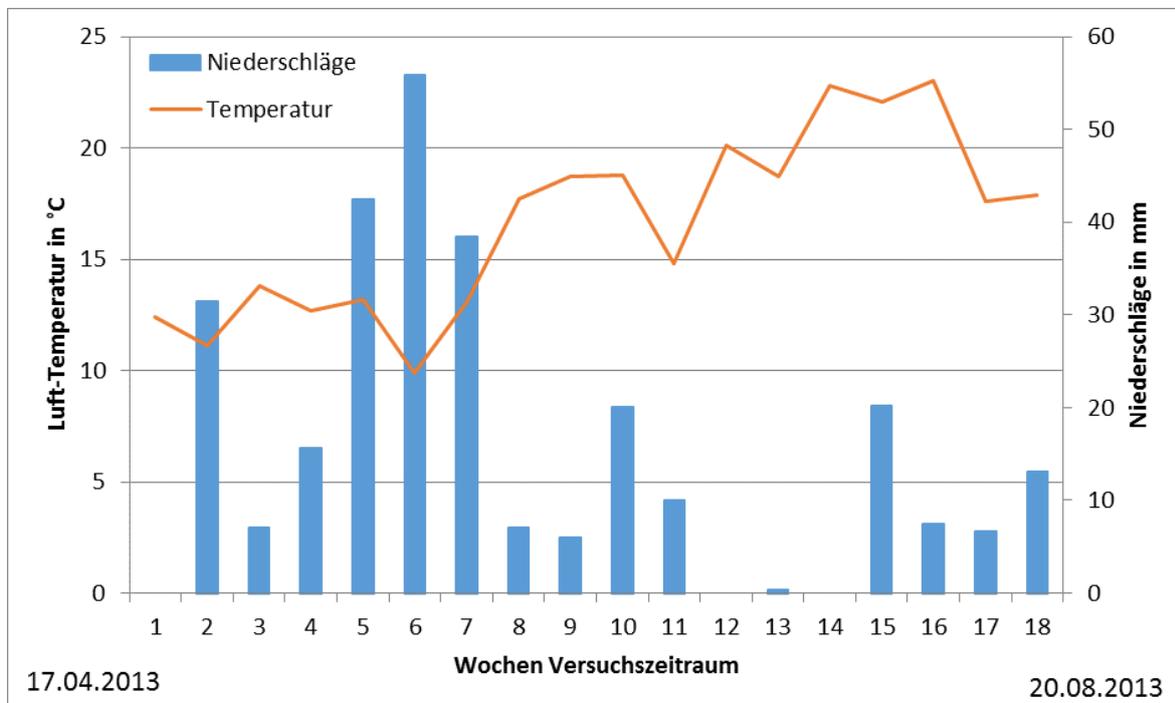
	<b>Bonitur: 24.07.2011</b>			<b>Bonitur: 12.08.2011</b>			<b>Bonitur: 18.8.2011</b>		
	<b>MP 1</b>	<b>MP 2</b>	<b>MP 3</b>	<b>MP 1</b>	<b>MP 2</b>	<b>MP 3</b>	<b>MP 1</b>	<b>MP 2</b>	<b>MP 3</b>
Generelle Beurteilung des Schlages	Deutlicher Befall auf der gesamten Fläche sichtbar. Befallsstärke Gesamtbestand: 5								
Entwicklungszustand der Pflanzen	BBCH (Raps): Frucht- und Samenreife: 85			BBCH: Frucht- und Samenreife: 87			BBCH: 89		
Ø Pflanzenhöhe in cm (jeweils 10 Pflanzen/MP)	65	70	58	55	65	65	73	70	84
Ø Pflanzenzahl/m²	241	300	275	316	250	375	333	266	341
<b>Mittlerer Pflanzenbereich</b>									
Schadsymptom:	Verdrehungen, weißlicher Belag und Verbräunungen der Stängel								
Befallsstärke:	3	3	3	4	4	3	4	4	3
Befall %:	2,5-5 %	2,5-5 %	2,5-5 %	5-10 %	5-10 %	2,5-5 %	5-10 %	5-10 %	2,5-5 %
	<b>MP 1</b>	<b>MP 2</b>	<b>MP 3</b>	<b>MP 1</b>	<b>MP 2</b>	<b>MP 3</b>	<b>MP 1</b>	<b>MP 2</b>	<b>MP 3</b>
<b>Oberer Pflanzenbereich</b>									
Schadsymptome:	Verbräunungen, Verdrehungen, Deformationen, gräulich-weißer Belag auf den Samenständen und den Stängeln, Verschwärzungen								
Befallsstärke:	4	4	4	5	7	4	6	7	5
Befall %:	5-10 %	5-10 %	5-10 %	10-15 %	10-15 %	5-10 %	15-25 %	25-35 %	10-15 %
Befallshäufigkeit	70 %	80 %	60 %	70 %	80 %	70 %	80 %	80 %	70 %
<b>0 =kein Befall 3=geringer Befall 5=mittlerer Befall 7=starker Befall 9=sehr starker Befall, Totalausfall</b>									
Unkrautartenspektrum	Ackerkratzdistel, Ampfer, Hahnenfuß, Senf, Melde, Windenknöterich, kl. Brennessel, Ackergänsedistel Keine Symptome								

**Tab. A10:** Befallsstärke, Befallshäufigkeit, Eindringtiefe, min. und max. Eindringdruck (Penetrologger), Bodenfeuchte, Ertrag und TKM auf allen Messpunkten der Kressevermehrungsschläge 2012

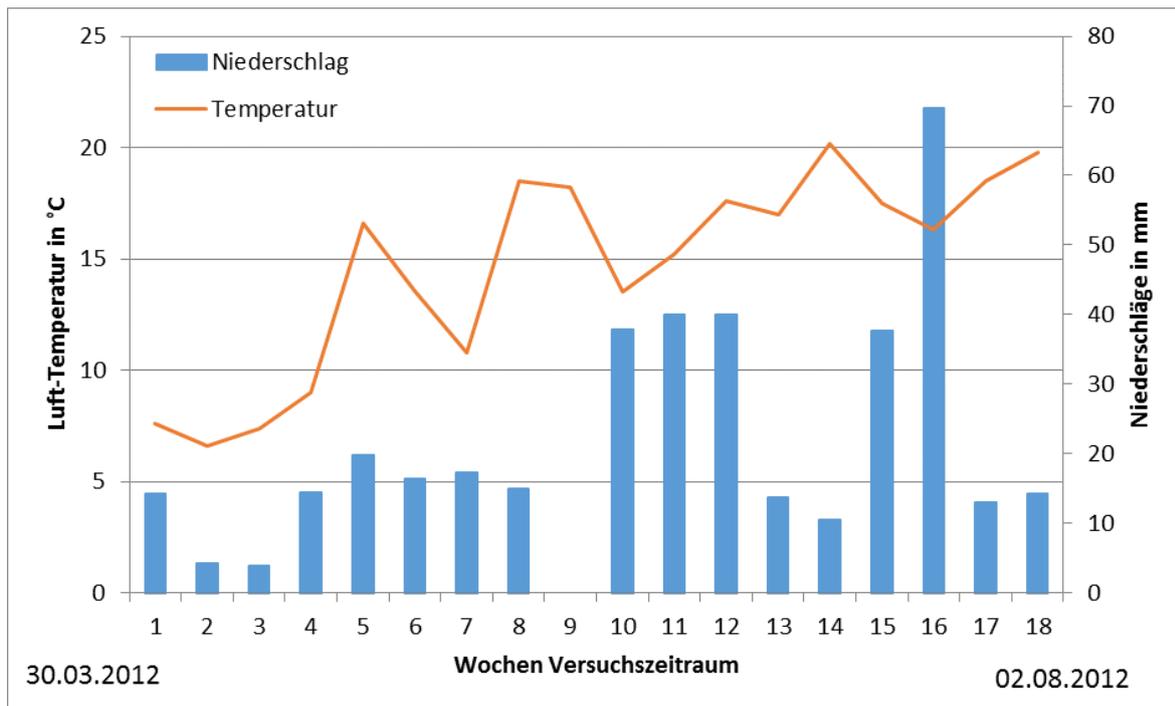
	Hessen Mitte					Rheinl.-Pfalz			Hessen West links				Hessen West rechts				Thüringen 1			Thüringen 2				
Messpunkt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Befallsstärke	5	6	5	5	4	4	7	6	7	8	8	5	9	7	9	9	7	3	5	5	4	4	5	7
Befallshäufigkeit	83	63	50	47	48	80	82	55	63	90	42	39	58	25	100	100	73	27	38	42	37	42	35	78
Eindringtiefe	19	44	10	14	7												80	80	80	36	42	41	66	27
Min. Eindringdruck (MPa)	0.54	0.69	0.48	0.34	0.56												0.51	0.70	0.57	0.53	0.23	0.40	0.50	0.69
Max. Eindringdruck (MPa)	5.04	5.21	4.23	3.71	1.90												2.61	3.40	1.97	4.80	5.61	2.65	4.09	2.67
Bodenfeuchte grav. (%)	13,8	11,9	11,2	13,4	10,0	19,1	16,6	17,5	15,6	15,4	14,1	17,9	15,5	13,3	13,7	15,7	16,8	17,6	18,6	15,9	17,9	15,3	17,3	16,5
Ertrag (kg ha <sup>-1</sup> )	419,1	316	519,7	353,7	79	31,6	12,2	56,4	162,2	33,5	102,7	92,9	27,7	134,2	20,3	0,4	163,9	630,3	710,9	152,9	157,9	413,3	300,7	401,3
TKM (g)	2,73	2,63	2,76	2,58	2,58	1,78	2,05	1,99	2,21	2,05	2,23	2,33	1,98	1,95	1,88		2,69	2,91	2,92	3,35	3,07	3,25	2,95	3,08



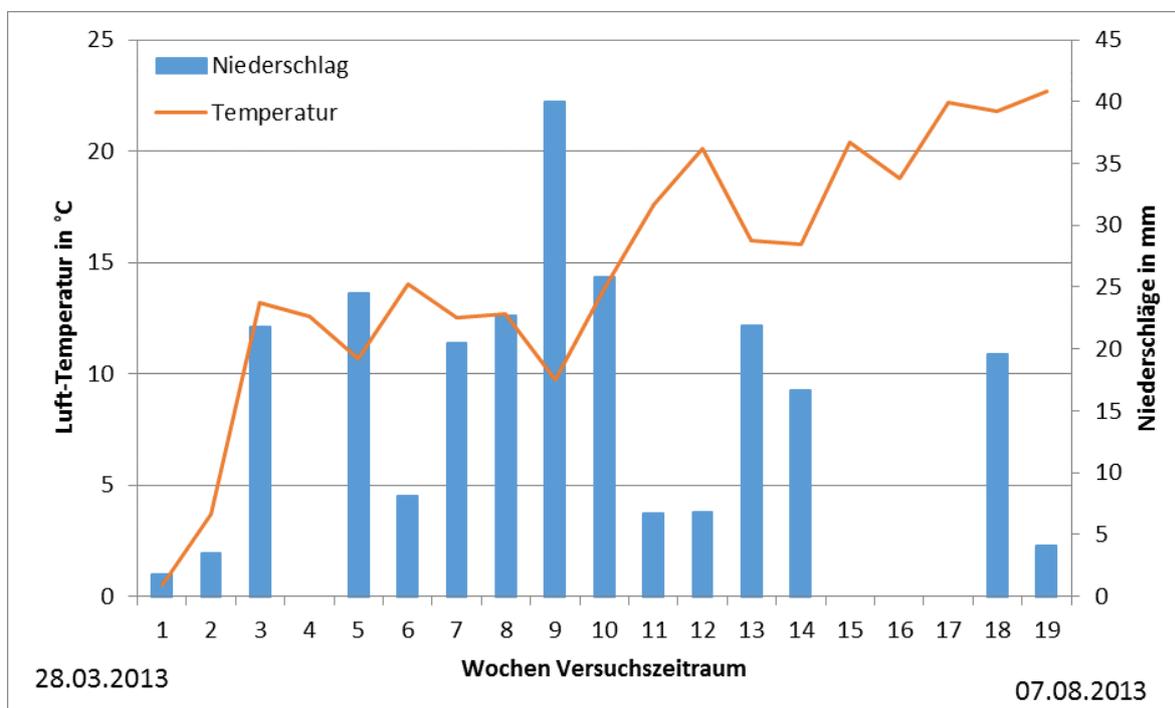
**Abb. A11:** Lufttemperatur (Mittel pro Woche in °C) und Niederschläge (Summe pro Woche in mm) während des Entwicklungszyklus der Gartenkresse, Gießen 2012



**Abb. A12:** Lufttemperatur (Mittel pro Woche in °C) und Niederschläge (Summe pro Woche in mm) während des Entwicklungszyklus der Gartenkresse, Gießen 2013



**Abb. A13:** Lufttemperatur (Mittel pro Woche in °C) und Niederschläge (Summe pro Woche in mm) während des Entwicklungszyklus der Gartenkresse im Versuch Saatzeiten, Rauschholzhausen 2012



**Abb. A14:** Lufttemperatur (Mittel pro Woche in °C) und Niederschläge (Summe pro Woche in mm) während des Entwicklungszyklus der Gartenkresse im Versuch Saatzeiten, Rauschholzhausen 2013