

Strategien zur Regulation der Schwarzfäule (*Guignardia bidwellii*) im ökologischen Weinbau

Management of Black rot (*Guignardia bidwellii*) in organic viticulture

FKZ: 04OE032

Projektnehmer:

Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen
Institut für Pflanzenschutz in Obst- und Weinbau
Brüningstraße 84, 54470 Bernkastel-Kues
Tel.: +49 6221 86805-00
Fax: +49 6221 86805-15
E-Mail: owd@jki.bund.de
Internet: <http://www.jki.bund.de>

Autoren:

Loskill, B.; Molitor, D.; Koch, E.; Harms, M.; Berkelmann-Löhnertz, B.; Hoffmann, C.; Kortekamp, A.;
Porten, M.; Louis, F.; Maixner, M.

Gefördert vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau (BÖL)

Bundesprogramm Ökologischer Landbau

Förderkennzeichen 514 – 43.10/04OE032

01.10.2005 - 31.12.2009

Abschlussbericht: Strategien zur Regulation der Schwarzfäule (*Guignardia bidwellii*) im ökologischen Weinbau



Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen

Institut für Pflanzenschutz in Obst- und Weinbau

Brüningstraße 84 - 54470 Bernkastel-Kues

Dr. Michael Maixner (Projektkoordinator), Dr. Bernd Loskill, Dr. C. Hoffmann

Institut für biologischen Pflanzenschutz

Heinrichstraße 243 - 64287 Darmstadt

Dr. Eckhard Koch



Forschungsanstalt Geisenheim

Institut für Biologie - Fachgebiet Phytomedizin

Von-Lade-Straße 1 - 65366 Geisenheim

Prof. Dr. Beate Berkelmann-Löhnertz, Dr. Daniel Molitor



Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum

DLR Rheinland-Pfalz

Abteilung Phytomedizin

Breitenweg 71 – 67435 Neustadt/Weinstraße

Dr. Friedrich Louis, Dr. Marco Harms, Dr. Andreas Kortekamp

DLR Mosel

Abteilung Weinbau – Oenologie

Görresstraße 10 – 54470 Bernkastel-Kues

Matthias Porten



ECOVIN Mosel-Saar-Ahr e.V.

Moselstraße 63 – 56861 Reil

Inhalt

1. Ziele und Aufgabenstellung des Projekts	1
1.1. Planung und Ablauf des Projekts	1
1.2. Wissenschaftlicher Stand, an den angeknüpft wurde	3
2. Methoden	6
2.1. Biologie und Epidemiologie des Schwarzfäule-Erregers	6
2.1.1. Gewinnung von Isolaten und <i>in-vitro</i> -Kultivierung von <i>G. bidwellii</i>	6
2.1.2. Entwicklung der Fruchtkörper und Quantifizierung der Ascosporenbildung	8
2.1.3. Dynamik des Sporenfluges	9
2.1.4. Infektion von Blättern und Trauben	9
2.1.4.1. Sporenenkeimung, Appressorienbildung, Myzelwachstum	9
2.1.4.2. Länge der Inkubationszeit in Abhängigkeit von der Temperatur	10
2.1.4.3. Einfluss der Blattnässedauer auf die Infektionswahrscheinlichkeit	10
2.1.4.4. Anfälligkeit der Beeren in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium	11
2.2. Untersuchung der Anfälligkeit traditioneller und pilzwiderstandsfähiger Rebsorten für die Schwarzfäule	12
2.2.1. Mikroskopische Untersuchungen	12
2.2.2. Modelluntersuchungen im Gewächshaus	12
2.2.2.1. Pflanzenanzucht und Inokulation der Versuchspflanzen	12
2.2.2.2. Einfluss von Temperatur, Blattnässe und Inokulumdichte auf die Anfälligkeit traditioneller und pilzwiderstandsfähiger Rebsorten	13
2.2.2.3. Einfluss von Pflanzenstärkungsmitteln auf die Anfälligkeit pilzwiderstandsfähiger Rebsorten gegenüber <i>G. bidwellii</i> bei niedriger Inokulumdichte	14
2.2.3. Untersuchungen zur Anfälligkeit pilzwiderstandsfähiger Rebsorten im Freiland	14
2.3. Maßnahmen zur Prävention des Schwarzfäule-Befalls und zur Befallsminderung	15
2.3.1. Maßnahmen zur Verringerung des Primärinokulum	15
2.3.1.1. Trester als Infektionsquelle	15
2.3.1.2. Entfernen von Traubenmumien aus Ertragsanlagen	15
2.3.1.3. Bedeutung des einjährigen Rebholzes und der Ranken als Quelle des Primärinokulums	15
2.3.2. Maßnahmen zur Vermeidung von Sekundärinfektionen	16
2.3.2.1. Entfernen infizierter Blätter und Trauben	16
2.3.2.2. Einfluss befallener Blätter auf den Epidemieverlauf	16

2.4. Möglichkeiten der Bekämpfung von <i>G. bidwellii</i> im ökologischen Weinbau	17
2.4.1. Selektion wirksamer Pflanzenextrakte und Mikroorganismen	17
2.4.1.1. Extraktionsverfahren zur Herstellung von Pflanzenextrakten	17
2.4.1.2. Kultivierung antagonistischer Mikroorganismen	17
2.4.1.3. Testverfahren	17
2.4.1.4. Untersuchungen mit Primelwurzel-Extrakt	18
2.4.2. Untersuchungen zur Wirksamkeit von Pflanzenschutz- und Pflanzenstärkungsmitteln in Labor- und Gewächshausversuchen	19
2.4.2.1. Keimungsversuche an Blattscheiben	19
2.4.2.2. Untersuchung der protektiven und kurativen Wirkung	20
2.4.2.3. Regenfestigkeit	20
2.4.3. Freilandversuche zur Regulation der Schwarzfäule	20
2.4.3.1. Wirkung von Pflanzenschutzmitteln gegen Überwinterungsstadien von <i>G. bidwellii</i>	20
2.4.3.2. Untersuchung der Wirksamkeit von Versuchspräparaten zum Schutz der Reben vor Blatt- und Traubeninfektionen	21
2.4.3.3. Parallele Regulation der Schwarzfäule und des Falschen Mehltaus im ökologischen Weinbau	24
2.4.3.4. Einfluss der Schwarzfäule auf den Ertrag in Abhängigkeit von Bekämpfungsmaßnahmen	26
2.4.3.5. Einfluss der Bekämpfungsmaßnahmen gegen die Schwarzfäule auf Raubmilben	26
3. Ergebnisse	27
3.1. Biologie und Epidemiologie des Schwarzfäule-Erregers	27
3.1.1. Standardverfahren zur Gewinnung von Konidiosporen als Inokulum	27
3.1.2. Entwicklung der Fruchtkörper und Quantifizierung der Askosporenbildung	28
3.1.3. Dynamik des Sporenflugs	31
3.1.4. Infektion von Blättern und Trauben	35
3.1.4.1. Sporenkeimung, Appressorienbildung, Myzelwachstum	35
3.1.4.2. Versuche zum Einfluss der inokulierten Blattseite auf den Befall	37
3.1.4.3. Länge der Inkubationszeit in Abhängigkeit von der Temperatur	37
3.1.4.4. Einfluss der Blattnässedauer auf die Infektionswahrscheinlichkeit	39
3.1.4.5. Anfälligkeit der Beeren in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium	41

3.2. Untersuchungen zur Anfälligkeit traditioneller und pilzwiderstandsfähiger Rebsorten für die Schwarzfäule	43
3.2.1. Mikroskopische Untersuchungen.....	43
3.2.2. Modelluntersuchungen im Gewächshaus	44
3.2.2.1. Bewertung der Anfälligkeit traditioneller und pilzwiderstandsfähiger Rebsorten für die Schwarzfäule	44
3.2.2.2. Einfluss von Temperatur, Blattnässe und Inokulumdichte auf die Anfälligkeit traditioneller und pilzwiderstandsfähiger Rebsorten	46
3.2.2.3. Einfluss von Pflanzenstärkungsmitteln auf die Anfälligkeit pilzwiderstandsfähiger Rebsorten gegenüber <i>G. bidwellii</i> bei niedriger Inokulumdichte	50
3.2.3. Anfälligkeit pilzwiderstandsfähiger Rebsorten im Freiland	53
3.3. Maßnahmen zur Prävention des Schwarzfäule-Befalls und zur Befallsminderung	55
3.3.1. Maßnahmen zur Verringerung des Primärinokulum.....	55
3.3.1.1. Kompostieren von Traubentrester.....	55
3.3.1.2. Entfernen von Traubenmumien aus Ertragsanlagen	56
3.3.1.3. Bedeutung des Rebholzes und der Ranken als Quelle des Primärinokulums	56
3.3.2. Maßnahmen zur Vermeidung von Sekundärinfektionen	57
3.3.2.1. Entfernen infizierter Blätter und Trauben.....	57
3.3.2.2. Einfluss befallener Blätter auf den Epidemieverlauf	58
3.4. Möglichkeiten der Bekämpfung von <i>G. bidwellii</i> mit Mikroorganismen und Pflanzenextrakten	60
3.4.1. Selektion wirksamer Pflanzenextrakte und antagonistischer Mikroorganismen.....	60
3.4.1.1. Selektion wirksamer Mikroorganismen.....	60
3.4.1.2. Selektion wirksamer Pflanzenextrakte	62
3.4.2. Untersuchungen zum Wirkmechanismus	64
3.4.2.1. Keimtests mit Pyknosporen auf Objektträgern	64
3.4.2.2. Keimtests mit Pyknosporen auf Blattscheiben	65
3.4.2.3. Inokulationsversuche an Topfreben	66
3.4.3. Optimierung der Wirkung von Primelwurzel-Extrakt.....	66
3.4.3.1. Versuche zum Wirkmechanismus und zum Wirkungsspektrum	66
3.4.3.2. Wirksamkeitsversuche mit Kombinationen verschiedener Präparate	69
3.4.3.3. Ermittlung der UV-Stabilität von Primelwurzel-Extrakt.....	69
3.4.3.4. Verbesserung der Regenfestigkeit von Primelwurzel-Extrakt.....	70

3.5. Wirksamkeit von Pflanzenschutz- und Pflanzenstärkungsmitteln in Labor- und Gewächshausversuchen.....	72
3.5.1. Identifikation gegen die Schwarzfäule wirksamer Pflanzenschutz- und Pflanzenstärkungsmittel unter Gewächshausbedingungen.....	72
3.5.2. Optimierung der Wirksamkeit geeigneter Versuchspräparate.....	75
3.5.2.1. Keimungsversuche an Blattscheiben.....	75
3.5.2.2. Untersuchung der protektiven und kurativen Wirkung.....	76
3.5.2.3. Regenfestigkeit.....	78
3.6. Freilandversuche zur Regulation der Schwarzfäule.....	80
3.6.1. Wirkung von Pflanzenschutzmitteln gegen Überwinterungsstadien von <i>G. bidwellii</i>	80
3.6.2. Effektivität von Versuchspräparaten und Spritzfolgen gegenüber der Schwarzfäule unter Freilandbedingungen.....	82
3.6.3. Einfluss der Schwarzfäule auf den Ertrag in Abhängigkeit von Bekämpfungsmaßnahmen.....	91
3.6.4. Einfluss der Bekämpfungsmaßnahmen gegen die Schwarzfäule auf Raubmilben.....	92
3.6.5. Parallele Regulation der Schwarzfäule und des Falschen Mehltaus im ökologischen Weinbau.....	95
3.7. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse.....	97
4. Zusammenfassung.....	100
5. Gegenüberstellung der geplanten und tatsächlich erreichten Ziele.....	103
6. Literaturverzeichnis.....	105
7. Übersicht über alle im Berichtszeitraum von den Projektnehmern realisierten Veröffentlichungen zum Projekt.....	108
8. Anhang.....	111

1. Ziele und Aufgabenstellung des Projekts

Die Schwarzfäule (*Guignardia bidwellii* (Ellis) Viala & Ravaz) tritt seit 2002 in den deutschen Weinbaugebieten, besonders im Steillagenweinbau an Rhein und Mosel, verstärkt auf. Im Gegensatz zu früheren, gelegentlichen Ausbrüchen hat sie sich offenbar in diesen Regionen fest etabliert und stellt aufgrund ihres hohen Schadenspotentials ein fortwährendes Risiko für den Weinbau dar.

Ziel des Forschungsprojektes war es, ein nachhaltiges Managementkonzept zur Eindämmung der Schwarzfäule im ökologischen Weinbau zu entwickeln, um die Produktionssicherheit im ökologischen Weinbau in den von der Schwarzfäule betroffenen Weinbaugebieten zu gewährleisten. Dabei sollten zum einen die biologisch-epidemiologischen Eigenschaften des Schaderregers in seinem neuen Befallsgebiet als Grundlage für eine fundierte Risikoeinschätzung und zur Entwicklung von Entscheidungshilfen eingehend untersucht werden. Zum anderen war es notwendig, die Wirksamkeit präventiver weinbaulicher Maßnahmen als Bausteine eines integrierten Schwarzfäulemanagements zu untersuchen sowie für den ökologischen Weinbau geeignete Antagonisten, Pflanzeninhaltsstoffe, Pflanzenstärkungs- und Pflanzenschutzmittel im Hinblick auf ihre Eignung zur Regulation der Schwarzfäule zu identifizieren und deren Wirksamkeit in Freilandversuchen zu überprüfen. Das Ziel der Entwicklung eines umfassenden Managementkonzepts für die Schwarzfäule sollte im Rahmen eines Kooperationsprojektes verfolgt werden, um die unterschiedlichen Expertisen der beteiligten Projektpartner effektiv zusammenzuführen. Durch enge Kooperation mit ökologisch wirtschaftenden Weinbaubetrieben und regelmäßigen Erfahrungsaustausch sollte der Praxisbezug und die Umsetzung gewonnener Untersuchungsergebnisse sichergestellt werden.

Das Projekt folgte der Zielsetzung des Bundesprogramms Ökologischer Landbau, Bekämpfungsansätze für wichtige Schaderreger zu entwickeln. Mit der rapiden flächendeckenden Verbreitung der Schwarzfäule in den nördlichen Weinbaugebieten entwickelte sich ein neues Schadensrisiko, dem besonders im ökologischen Weinbau nicht adäquat begegnet werden konnte, da weder die notwendigen Informationen über die für die Infektions- und Schadensentwicklung ausschlaggebenden Parameter zur Verfügung standen, noch ausreichend wirksame Bekämpfungsmöglichkeiten bekannt waren. Durch die Erarbeitung einer auf der Integration von Präventions- und Bekämpfungsmaßnahmen basierenden Regulationsstrategie für die Schwarzfäule leistete das Forschungsprojekt nicht nur einen wesentlichen Beitrag dazu, die Wirtschaftlichkeit des ökologischen Weinbaus in den von der Schwarzfäule besonders betroffenen Steillagenweinbauregionen zu sichern, sondern lieferte darüber hinaus neue, für das Verständnis der Überlebensstrategie des Pilzes *Guignardia bidwellii* wichtige Erkenntnisse. Dieses Verständnis erleichtert auch für die Zukunft und über den Ökoweinbau hinaus die Entwicklung von Managementstrategien gegen den Schadorganismus.

1.1. Planung und Ablauf des Projekts

Um ein nachhaltiges Managementkonzept der Schwarzfäule für den ökologischen Weinbau zu erarbeiten, wurden drei Arbeitsfelder parallel verfolgt und verknüpft.

Arbeitsfeld I: Abschätzung des Infektionspotentials und des Befallsrisikos

In diesem Arbeitsfeld wurden Basisdaten zur Biologie und Epidemiologie der Schwarzfäule in den neuen Befallsgebieten an der Mosel erarbeitet. Dies war eine Voraussetzung für die Bewertung des Infektionspotentials und -risikos in Abhängigkeit von Bewirtschaftungs- und Umweltbedingungen und die Bereitstellung von Entscheidungshilfen für den Rebschutz. Das

Arbeitsfeld umfasste Untersuchungen zur Bedeutung von Drieschen als Inokulumquelle, zur Überwinterung, Sporulation und Dispersion des Inokulum sowie Studien zum Einfluss der Witterungsbedingungen und der Rebphänologie auf das Infektions- und Schadensrisiko durch die Schwarzfäule.

Arbeitsfeld II: Minderung des Befallsrisikos und Abschwächung des Epidemieverlaufs durch präventive Maßnahmen

Maßnahmen zur Prävention des Befalls der Reben durch Schaderreger sind im ökologischen Weinbau von herausragender Bedeutung, da in der Regel keine Möglichkeit zur kurativen Behandlung besteht. Im zweiten Arbeitsfeld wurde daher untersucht, inwieweit durch Kulturmaßnahmen, die zur Verminderung des Schwarzfäule-Inokulums in Rebanlagen beitragen, Primärinfektionen verhindert bzw. verzögert und der Epidemieverlauf abgeschwächt werden kann. Zu den Aktivitäten dieses Arbeitsfeldes zählten auch Labor-, Gewächshaus- und Freilanduntersuchungen zur Beurteilung der Anfälligkeit besonders im ökologischen Weinbau verwendeter sogenannter pilzwiderstandsfähiger Rebsorten (Piwi) gegenüber der Schwarzfäule.

Arbeitsfeld III: Minderung der Anfälligkeit der Reben und direkte Bekämpfung des Schaderregers

Im Gegensatz zur guten Wirkung einer Reihe organischer Fungizide gegen *G. bidwellii* lagen über die Eignung von im ökologischen Weinbau verwendbaren Pflanzenstärkungs- und Pflanzenschutzmitteln keine bzw. widersprüchliche Informationen vor. Daher wurden solche Präparate, aber auch mikrobielle Antagonisten und Pflanzeninhaltsstoffe in Labor- und Gewächshausversuchen in Hinblick auf ihre Wirkung gegenüber dem Erreger der Schwarzfäule untersucht. In jeder Vegetationsperiode wurden in Freilandversuchen unter hohem Infektionsdruck und bei Praxisbedingungen solche Präparate angewandt, die unter Gewächshausbedingungen eine gute Wirkung gezeigt hatten. Dadurch sollten Infektionen vermindert, die weitere Ausbreitung der Schwarzfäule im Bestand gehemmt und Ertragsausfälle minimiert werden.



Das Projekt wurde vom 1. Oktober 2005 bis 31. Dezember 2009 bearbeitet. Zu Beginn der Projektlaufzeit bis zur Vegetationsperiode 2006 wurden die notwendigen Untersuchungsverfahren erarbeitet bzw. etabliert und erste Labor- und Gewächshausversuche durchgeführt. Im Rahmen regelmäßiger Projekttreffen vor jeder Vegetationsperiode wurden die bisherigen Ergebnisse diskutiert und aufgrund der Bewertung von Agenten in Labor- und Gewächshausversuchen die Freilandversuche gemeinsam projektiert. Versuchsergebnisse und Untersuchungsmaterial wurden unter den Projektpartnern intensiv ausgetauscht. Die enge Kooperation mit den ökologisch wirtschaftenden Weinbaubetrieben des Projektpartners ECOVIN war eine unabdingbare Voraussetzung, insbesondere für die Untersuchungen der Bedeutung von Kulturmaßnahmen zur Prävention der Schwarzfäule. Sie ermöglichte darüber hinaus auch einen intensiven Erfahrungsaustausch zwischen Wissenschaft und Praxis.

1.2. Wissenschaftlicher Stand, an den angeknüpft wurde

Der Erreger der Schwarzfäule ist der Pilz *Guignardia bidwellii* (Ellis) Viala & Ravaz. Die Nebenfruchtform trägt die Bezeichnung *Phyllosticta ampellicida* (Engleman) Van der Aa. Neben der Gattung *Vitis* werden auch Vertreter der Gattungen *Parthenocissus*, *Ampelopsis* und *Cissus* befallen (Sivanesan & Holiday, 1981). Zum Zeitpunkt der Antragstellung war in wissenschaftlichen Sammlungen nur ein Isolat des Erregers aus *Parthenocissus* verfügbar (Pezet & Jermini, 1989). Erste Isolate aus den deutschen Befallsgebieten wurden 2004 von Hoffmann & Harms (unveröffentlicht) kultiviert und bildeten die Grundlage für die Kultivierung des Erregers im Rahmen der Projektarbeiten. Die Schwarzfäule, eine der wirtschaftlich bedeutendsten Rebkrankheiten Nordamerikas, wurde bereits im 19. Jahrhundert in Europa eingeschleppt, wo sie sich besonders in atlantisch geprägten Weinbauregionen Südeuropas etablieren konnte (Mohr, 2005). Abgesehen von gelegentlichen Ausbrüchen, z.B. 1933 in Baden, 1935 im Rheingau und 1989 in Württemberg, blieben die deutschen Weinbaugebiete bis 2002 von der Krankheit verschont, als Holz (2002) an der Mittelmosel zunächst in Drieschen starken Befall durch *G. bidwellii* feststellte. Lipps & Harms (2004) berichteten aus dem folgenden Jahr von Befall an der Nahe. Im Jahr 2004 trat die Schwarzfäule besonders nach der Reblüte plötzlich flächendeckend an der Mosel sowie an Mittelrhein und Nahe auf und verursachte zum Teil gravierende Ertragsausfälle. Während bereits im Folgejahr im konventionellen Weinbau durch die Integration von gegen die Schwarzfäule wirksamen Fungiziden in die Spritzfolgen die Schwarzfäule ausreichend bekämpft werden konnte, stellte die Krankheit im ökologischen Weinbau eine andauernde Gefahr dar.

Die Biologie inklusive der Phänologie sowie der Infektionszyklus von *G. bidwellii* wurden von verschiedenen Autoren zusammengefasst (Ramsdell 1988, Pezet & Jermini (1989), Dubos. 1999, Mohr et. al. 2005, Holz & Hoffmann 2005).

Reben können sowohl durch Konidien als auch durch Ascosporen von *G. bidwellii* infiziert werden. Die für eine Infektion notwendigen Bedingungen wurden erstmals von Spotts (1977) untersucht. Das Temperaturoptimum des Krankheitserregers für Infektionen liegt bei 27 °C. Bei dieser Temperatur ist 6 h Blattnässe die Voraussetzung für die Keimung der Sporen. Liegt die Temperatur über oder unter 27 °C verlängert sich die für eine Infektion notwendige Blattnässedauer. Die Inkubationszeit des Erregers ist nach Hoffman et al. (2002) abhängig vom Alter des befallenen Pflanzenorgans. So ist die Inkubationszeit von Trauben, die vier Wochen nach der Blüte infiziert werden, vergleichbar mit den Inkubationsverhältnissen am Blatt. Danach verlängert sich die Inkubationszeit mit zunehmender Reife. Der Prozess der Sporenkeimung ist nach Kuo & Hoch (1996) substratabhängig. Sie stellten fest, dass Konidiosporen einen Anlagerungsprozess an das Substrat benötigen, um zu keimen. Dieser

Anlagerungsprozess war negativ korreliert mit der Benetzbarkeit des Substrates. Auf synthetischen Agar-Nährmedien, deren Oberfläche stets hydrophil ist, konnten diese Autoren keine Sporenkeimung beobachten.

Die Anfälligkeit der Rebe gegenüber Infektionen durch die Schwarzfäule in Abhängigkeit von ihrer Phänologie wurde von Hoffman et al. (2002) bearbeitet. Danach sind die Trauben ein bis vier Wochen nach der Blüte am empfindlichsten und werden bis zur Reife praktisch immun. Auch die Inkubationszeit der Schwarzfäule nimmt mit zunehmender Reife zu. Ähnlich verhält es sich mit den Blättern: je jünger desto anfälliger. Nach Kuo & Hoch (1996) können ältere Blätter infiziert sein, ohne Symptome zu zeigen.

Pezet & Jermini (1989) geben eine Übersicht über die Anfälligkeit der wichtigsten in der Schweiz angebauten Rebsorten. Die an der Mosel vorherrschende Sorte Riesling gilt danach als sehr anfällig. Auch der in Deutschland häufig angebaute Blaue Spätburgunder gehört in diese Kategorie. Beobachtungen an Mosel, Nahe und Mittelrhein deuteten darauf hin, dass auch die Sorten Müller-Thurgau, Dornfelder sowie die pilzwiderstandsfähigen Sorten Regent, Phönix und Johanniter besonders anfällig gegen Schwarzfäule sind. Die pilzwiderstandsfähige Sorte Merzling zeigte 2004 dagegen auch in Befallsschwerpunkten keinen Befall.

Ascosporenflug wurde von Ferrin & Ramsdell (1977) untersucht. Sie stellten fest, dass nur geringe Niederschläge nötig sind, um die Ausschleuderung der Sporen zu induzieren. Für die Abgabe von Konidiosporen aus den Pyknidien werden nach Pezet & Jermini (1989) 3 mm kontinuierlicher Niederschlag benötigt. Die Stärke des Ascosporenausstoßes war nach Ferrin & Ramsdell (1977) sowohl von der Jahreszeit als auch von der Regendauer abhängig. Während Ferrin & Ramsdell (1977) nur den globalen Ascosporenflug innerhalb von Rebanlagen mit Schwarzfäule-Befall untersuchten, konnten Hoffman et al. (2004) feststellen, dass am Stock verbleibende Traubenmumien ihre Sporen später abgeben als am Boden liegende und dass das Schadpotential der Stockmumien höher ist als jenes der Bodenmumien. Von Ferrin & Ramsdell (1978) wurde ebenfalls die Rolle der Konidienausbreitung an der Epidemiologie der Schwarzfäule untersucht.

Die Überwinterung des Schwarzfäule-Erregers erfolgt nach Ramsdell (1988) sowohl in Traubenmumien als auch auf nekrotisiertem Holz der Rebe. Nach Pezet & Jermini (1989) überwintert er dabei sowohl in Pyknidien als auch in Perithezien. Hoffman et al. (2004) machen Angaben über die Abgaberate beider Sporentypen auf Mumien, die am Stock überwintern und solchen die auf dem Boden liegen. Nach eigenen mikroskopischen Beobachtungen im Jahr 2005 (Hoffmann, unveröffentlicht) waren im Frühsommer auf den Beerenmumien ausschließlich Perithezien zu finden, während auf den Beerenstielen überwiegend Pyknidien sichtbar sind. Auf Ranken des Vorjahres konnten dagegen sowohl Pyknidien als auch Perithezien festgestellt werden.

Gadoury (2005) beschreibt, dass die Einarbeitung von Mumien in den Boden Primärinfektionen verhindern kann. Offen bleibt dabei die Frage, ob der Pilz sich in Form von Dauerstadien im Boden anreichert. Eigene Beobachtungen zeigten, dass sich bei in den Boden eingearbeiteten Mumien die Perithezien nicht bis zur Reife ausdifferenzieren wie bei Mumien, die auf dem Boden liegen. Bereits Viala (1912) beschreibt in Kultur die Bildung von Chlamydosporen.

Arbeiten über die Epidemiologie der Schwarzfäule und die Regulation des Pilzes im ökologischen Weinbau liegen vor allem aus den Oststaaten der USA vor (Gadoury 2005). Dort findet offenbar die gesamte Epidemiologie innerhalb der Ertragsanlage statt. Folglich lässt sich dort auch durch Kulturmaßnahmen der Befall im Folgejahr stark beeinflussen. Von überregionalem Sporenflug wird hier nicht berichtet. Pezet & Jermini (1989) stellten im Tessin fest, dass bei der Epidemie in den achtziger Jahren an Drieschen angrenzende Ertragsanlagen

häufig am stärksten befallen waren. Jermini & Gessler (1996) beschreiben die Ausbreitung der Schwarzfäule in einer Ertragsanlage bei punktförmig eingebrachten Bodenmumien. Im Jahr 2004 konnten vergleichbare Beobachtungen auch an der Mosel gemacht werden. Bedenklich und beängstigend war jedoch die Situation an Standorten, an denen der Epidemieverlauf der Schwarzfäule in einer atypischen Form ablief. Anlagen, die bis dato weder Blattbefall noch Traubenbefall aufwiesen, zeigten Anfang August 2004 plötzlich starken Traubenbefall bis hin zu Totalschäden, einhergehend mit erstem Blattbefall. Hier muss es zu weiträumiger Verdriftung von Ascosporen aus Drieschen gekommen sein. Dieser Vorgang war bis dahin unbeschrieben.

Während Wilcox (2004) davon ausgeht, dass für die Bekämpfung der Schwarzfäule im ökologischen Weinbau keine wirksamen Mittel zur Verfügung stehen, berichten Schilder et al. (2004) über eine Wirkung von „Amicarb“, einer Kaliumbicarbonat-Formulierung, die sich im Bereich konventioneller Fungizide bewegte. Bei Wilcox (2004) bleibt offen, welche Spritzabstände bei seinen Mittelprüfungen zu Grunde lagen. Er sieht wie Mohr (2006a) den Schwerpunkt der Schwarzfäulebekämpfung im ökologischen Weinbau in der Weinbergshygiene (Entfernen von Inokulum) und bei Kulturmaßnahmen (Unterpflügen der Bodenmumien).

2. Methoden

Arbeiten zu den unterschiedlichen Projektaktivitäten wurden zum Teil von einzelnen Projektpartnern, häufig jedoch in Kooperation mehrerer Partner erledigt, indem entweder Einzelaspekte bestimmter Fragen von verschiedenen Partnern bearbeitet oder die Arbeiten gemeinsam durchgeführt wurden. Um die Übersichtlichkeit zu gewährleisten und Redundanz zu vermeiden, sind die Einzelbeiträge der Partner zu den Aufgaben im Methoden- und Ergebnisteil zusammengefasst. Aufstellungen der geprüften Präparate sind im Methodenteil nicht enthalten. Diese Daten sind den Tabellen des Ergebnisteils zu entnehmen. Die nachfolgende Tab. 1 gibt einen Überblick über die von den einzelnen Projektbeteiligten übernommenen Aufgaben und erarbeiteten Ergebnisse. Zur Bezeichnung der Projektpartner in der Tabelle und im gesamten Texte werden folgende Akronyme verwendet:

JKI-OW	JKI, Institut für Pflanzenschutz in Obst- und Weinbau
JKI-BI	JKI, Institut für Biologischen Pflanzenschutz
FAG	Forschungsanstalt Geisenheim, Fachgebiet Phytomedizin
DLR-RP	Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum, Rheinpfalz
DLR-Mosel	Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum, Mosel
ECOVIN	ECOVIN Mosel-Saar-Ahr e.V.

2.1. Biologie und Epidemiologie des Schwarzfäule-Erregers

2.1.1. Gewinnung von Isolaten und *in-vitro*-Kultivierung von *G. bidwellii*

Für die Untersuchungen wurden aus verschiedenen Weinbaugebieten Deutschlands *Guignardia*-Isolate gesammelt oder von Kooperationspartnern zur Verfügung gestellt. Für alle Inokulationsversuche sollten Einzelsporkulturen der Nebenfruchtform *P. ampellicida* verwendet werden, um Fehler durch inhomogenes Erregermaterial auszuschließen. Dazu wurden hoch verdünnte Konidiensuspensionen von Isolaten, die im Labor bereits eine gute Sporulation gezeigt hatten, auf Kartoffel-Dextrose-Agar (PDA) ausplattiert und nach 24 Stunden im Inversmikroskop auf einzelne gekeimte Konidien untersucht. Gekeimte Konidien wurden mit etwas Agar ausgestochen und auf eine neue Platte überführt.

Um eine permanente und ausreichende Produktion von Konidien für die Infektionsversuche sicherzustellen, wurde in Vorversuchen die Eignung verschiedener Nährmedien und Beleuchtungsvarianten auf das Wachstum und die Sporulation verschiedener *Guignardia*-Isolate untersucht. Geprüft wurden Malz-Agar, Kartoffel-Dextrose-Agar (einfach und halb konzentriert)) Malz-Extrakt Agar (MEA, Difco) sowie Hafermehl-Agar.

Da aus der Literatur bekannt war, dass *G. bidwellii* für die Bildung von Konidien eine Dauerbeleuchtung benötigt, wurde der Einfluss von Beleuchtungsdauer und -qualität (fluoreszierendes Weißlicht und Schwarzlicht) auf das Wachstum und die Sporulation überprüft. Die Auswertung der *in vitro*-Versuche erfolgte jeweils nach 14 Tagen Inkubation bei 25 °C.

Tab. 1: Verteilung der Aufgaben des Gesamtprojektes auf die einzelnen Projektpartner.

Arbeiten		Projektpartner					
		JKI-OW	JKI-BI	FAG	DLR-RP	DLR-Mosel	ECOVIN
2.1.	Biologie und Epidemiologie des Schwarzfäuleerregers						
2.1.1.	Gewinnung von Isolaten und in-vitro-Kultivierung von <i>G. bidwellii</i>		X	X	X		
2.1.2.	Entwicklung der Fruchtkörper und Quantifizierung der Ascosporenbildung	X	X				
2.1.3.	Dynamik des Sporenflugs	X					
2.1.4.	Infektion von Blättern und Trauben		X	X			
2.1.4.1.	Sporenkeimung, Appressorienbildung, Myzelwachstum		X	X			
2.1.4.2.	Länge der Inkubationszeit in Abhängigkeit von der Temperatur			X			
2.1.4.3.	Einfluss der Blattnässedauer auf die Infektionswahrscheinlichkeit			X			
2.1.4.4.	Anfälligkeit der Beeren in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium			X			
2.2.	Untersuchung der Anfälligkeit traditioneller und pilzwiderstandsfähiger Rebsorten für die Schwarzfäule						
2.2.1.	Mikroskopische Untersuchungen		X				
2.2.2.	Modelluntersuchungen im Gewächshaus				X		
2.2.2.1.	Pflanzenanzucht und Inokulation der Versuchspflanzen				X		
2.2.2.2.	Einfluss von Temperatur, Blattnässe und Inokulumdichte auf die Anfälligkeit traditioneller und pilzwiderstandsfähiger Rebsorten				X		
2.2.2.3.	Einfluss von Pflanzenstärkungsmitteln auf die Anfälligkeit pilzwiderstandsfähiger Rebsorten gegenüber <i>G. bidwellii</i> bei niedriger Inokulumdichte				X		
2.2.3.	Untersuchungen zur Anfälligkeit pilzwiderstandsfähiger Rebsorten im Freiland	X		X			
2.3.	Maßnahmen zur Prävention des Schwarzfäulebefalls und zur Befallsminderung						
2.3.1.	Maßnahmen zur Verringerung des Primärinokulums	X					X
2.3.1.1.	Trester als Infektionsquelle	X		X			
2.3.1.2.	Entfernen von Traubenmumien aus Ertragsanlagen	X					
2.3.1.3.	Bedeutung des einjährigen Rebholzes und der Ranken als Quelle des Primärokokulum	X					
2.3.2.	Maßnahmen zur Vermeidung von Sekundärinfektionen	X					
2.3.2.1.	Entfernen infizierter Blätter und Trauben	X					X
2.3.2.2.	Einfluss befallener Blätter auf den Epidemieverlauf	X					
2.4.	Möglichkeiten der Bekämpfung von <i>G. bidwellii</i> im ökologischen Weinbau						
2.4.1.	Selektion wirksamer Pflanzenextrakte und Mikroorganismen		X				
2.4.1.1.	Extraktionsverfahren zur Herstellung von Pflanzenextrakten		X				
2.4.1.2.	Kultivierung antagonistischer Mikroorganismen		X				
2.4.1.3.	Testverfahren		X				
2.4.1.4.	Untersuchungen mit Primelwurzelextrakt		X				
2.4.2.	Untersuchungen zur Wirksamkeit von Pflanzenschutz- und Pflanzenstärkungsmitteln in Labor- und Gewächshausversuchen			X			
2.4.2.1.	Keimungsversuche an Blattscheiben		X	X			
2.4.2.2.	Untersuchung der protektiven und kurativen Wirkung			X			
2.4.2.3.	Regenfestigkeit			X			
2.4.3.	Freilandversuche zur Regulation der Schwarzfäule	X		X		X	X
2.4.3.1.	Wirkung von Pflanzenschutzmitteln gegen Überwinterungsstadien von <i>G. bidwellii</i>	X				X	X
2.4.3.2.	Untersuchung der Wirksamkeit von Versuchspräparaten zum Schutz der Reben vor Blatt- und Traubeninfektionen	X					
2.4.3.3.	Parallele Regulation der Schwarzfäule und des Falschen Mehltaus im ökologischen Weinbau	X		X			
2.4.3.4.	Einfluss der Schwarzfäule auf den Ertrag in Abhängigkeit von Bekämpfungsmaßnahmen	X				X	
2.4.3.5.	Einfluss der Bekämpfungsmaßnahmen gegen die Schwarzfäule auf Raubmilben	X					

Zur Gewinnung der Konidiensuspension für Inokulationsversuche wurden Petrischalen mit ca. 14 Tage alten Pilzkulturen (Einzelsporlinie Stamm 8088-2) mit entionisiertem Wasser geflutet und während des Austretens der Konidien aus den Pyknidien etwas bewegt. Mit Hilfe einer Zählkammer (Fuchs-Rosenthal) wurde die Konidiendichte in der gewonnenen Suspension bestimmt und durch Verdünnung auf die jeweils benötigte Dichte eingestellt. Für jeden Inokulationstermin wurde die Konidiensuspension frisch hergestellt.

2.1.2. Entwicklung der Fruchtkörper und Quantifizierung der Ascosporenbildung

Die Entwicklung der Fruchtkörper spielt für die Epidemie der Krankheit eine zentrale Rolle. So stellen die Perithezien mit den Asci und Ascosporen die Grundlage für den eher weiträumigen 'Sporenflug' dar. Dagegen sind die Pyknidien mit den darin enthaltenen Konidien offenbar eher für die kleinräumigen Infektionswege verantwortlich. In regelmäßigen Abständen sollte daher der Entwicklungsstand der Fruchtkörper an vorjährigen Mumien während der gesamten Vegetationsperiode dokumentiert werden. Zusätzlich sollte der Einfluss unterschiedlicher Bodentypen (Schieferboden in Steillagen; lehmiger Boden in Flachlagen) auf Entwicklung und Zersetzung der Fruchtkörper überprüft werden.

Zu Beginn jedes Versuchsjahres wurden Lager von im vorigen Herbst abgesammelten Frucht mumien in Netzbeuteln im Freiland an zwei Standorten (Schieferboden und lehmiger Boden) ausgelegt. Jeweils zwei Beutel wurden im Drahrahmen der Rebanlagen (Simulation der an Reben verbleibenden Stockmumien) befestigt. Zusätzlich wurden Beutel auf der Bodenoberfläche abgelegt bzw. im Boden vergraben, um abgefallene bzw. durch Bodenbearbeitung in den Boden eingearbeitete Mumien zu simulieren. Zwischen Ende März (vor Beginn des Austriebs) bis Ende Oktober (Ernte) wurden wöchentlich Proben von Traubenmumien entnommen. Pro Woche und Variante wurden jeweils mindestens 30 Fruchtkörper mittels Gefriermikrotom geschnitten und deren Entwicklungszustand untersucht. Dabei wurden verschiedene Fruchtkörpertypen und -entwicklungsstadien unterschieden.

Tab. 2: Fruchtkörpertypen und -entwicklungsstadien von *G. bidwellii*.

Fruchtkörpertyp	Details
Vorstufe	1 – undifferenziert, noch in Entwicklung
Perithezium	2a – beginnende Differenzierung
	2b – Ascosporen
	2c – beginnende Entleerung
	2d – leere Asci
Pyknidium	3a – Vorstufe Pyknidien
	3b – Pyknidien mit Pyknosporen (Konidiosporen)
Fruchtkörper ohne Funktion	4 – Spermatien

Um zu ermitteln, wie viele Ascosporen durchschnittlich pro Frucht mumie gebildet werden, wurden bei –20 °C gelagerte Frucht mumien in Töpfen (13 cm) mit Perlite ausgelegt. Das Perlite-Substrat wurde mit Wasser gut angefeuchtet, und die Töpfe bei 20 °C inkubiert. Dabei wurde das Perlite durch Gießen ständig feucht gehalten. Nach zehn Tagen wurden die Mumien aus dem Perlite herausgenommen, vorsichtig mit Leitungswasser abgespült, abgetrocknet und einzelne Beerenmumien mit Vaseline unter den Deckel einer Petrischale geklebt. In das Unterteil der Petrischale wurde zuvor 2 %iger Wasseragar gegossen, in den pro Petrischale drei kleine Plastikschraubdeckel eingebettet wurden. In jeden Deckel wurde 1 ml VE-Wasser pipettiert, das die Ascosporen aus den jeweils darüber hängenden Frucht mu-

mien auffangen sollte. Die Petrischalen wurden dann bei Raumtemperatur inkubiert. Ein, zwei, drei und vier Tage nach dem Aufhängen der Mumien wurde das Wasser mit einer Pipette aus den Deckeln entnommen und für jede Mumie getrennt die darin enthaltenen Ascosporen mit Hilfe einer Thoma-Zählkammer ausgezählt. Nach jedem Zählen wurde erneut 1 ml VE-Wasser in die Deckel pipettiert und die Mumien weiter bei Raumtemperatur inkubiert. Am Ende des Versuchszeitraums wurden die so pro Mumie erhaltenen Ascosporenzahlen addiert.

2.1.3. Dynamik des Sporenfluges

Zum Monitoring des Fluges der Ascosporen wurden zwei Sporenfallen (Burkard SporeWatch) verwendet, die in jedem Versuchsjahr von April bis September betrieben wurden. Je eine Falle wurde in einer Driesche und in einem Ertragsweinberg installiert. In den Jahren 2006 und 2007 wurde ein Standort in der Gemarkung Pünderich am Rand eines größeren aufgelassenen Weinbergareals genutzt. Im Jahr 2007 wurde bereits während der Vegetationsperiode im Zuge der Flurbereinigung mit der Beseitigung dieser Drieschen begonnen. Die Sporenfänge in der Driesche mussten daher bereits Ende August eingestellt werden. Für 2008 und 2009 wurde der Versuchsstandort Wolf des Instituts genutzt. Da keine natürlichen Drieschenflächen zur Verfügung standen, wurde eine Parzelle der Versuchsfläche abgetrennt und bereits vor dem Austrieb mit am Drahtrahmen befestigten Schwarzfäulemumien inokuliert. Laubarbeiten, andere Pflege- sowie Pflanzenschutzmaßnahmen wurden hier nicht durchgeführt, um eine Driesche zu erzeugen. Die zweite Sporenfalle wurde am Rand der benachbarten Ertragsrebanlage installiert. Als Referenzwetterstationen zur Korrelation der Sporenfänge mit Wetterdaten wurden die Stationen des rheinland-pfälzischen agrarmeteorologischen Dienstes in Neef (für Pünderich) und Wolf genutzt.

Die Trommeln mit den beschichteten Melinex-Bändern in den Sporenfallen wurden einmal pro Woche gewechselt, sodass Sporenfänge in Tagesauflösung vorlagen. Die Bänder wurden im Labor tageweise aufgetrennt, präpariert und fixiert, um sie nach Ablauf der Vegetationsperiode auszuwerten. Die einzelnen Bandabschnitte wurden unter dem Mikroskop nach Anfärbung mit Anilin-Blau inspiziert und die Ascosporen visuell identifiziert und gezählt.

In den Vegetationsperioden 2007 bis 2009 kam es jeweils zu Ausfällen der Sporenfalle im Weinberg durch mangelnde Sonneneinstrahlung, Diebstahl des Solarpaneels sowie Durchtrennung eines Stromkabels. Dadurch standen jeweils für eine Woche keine Sporenfänge zur Verfügung.

2.1.4. Infektion von Blättern und Trauben

2.1.4.1. *Sporenkeimung, Appressorienbildung, Myzelwachstum*

Da bei den Untersuchungen zum Infektionsprozess und zum Wachstum des Pilzes im Gewebe der Mikroskopie eine zentrale Rolle zukommt, wurde zunächst eine geeignete Methodik entwickelt. Blätter von Topfreben der Sorte Riesling wurden durch Aufsetzen eines Tropfens einer Suspension von Konidiosporen oder Ascosporen inokuliert und anschließend unter feuchten Bedingungen inkubiert. Die Konidiosporensuspensionen wurden von sporulierenden Kulturen in Petrischalen gewonnen, die Ascosporensuspensionen wie oben unter 2.1.2 beschrieben hergestellt. Zu verschiedenen Zeitpunkten nach der Inokulation wurden 2x2 mm große Blattsegmente ausgeschnitten, mit verschiedenen Farbstoffen (Anilin-Blau Färbung, Lactophenol-Trypan-Blau, Blankophor / Calcofluor White) angefärbt und anschließend mikroskopiert.

2.1.4.2. Länge der Inkubationszeit in Abhängigkeit von der Temperatur

Die Länge der Inkubationszeit ist abhängig von der Temperatur. Zur Terminierung von Pflanzenschutzmaßnahmen ist es wichtig, zu wissen, welche Inkubationszeit unter den gegebenen Temperaturverhältnissen zu erwarten ist. Aus diesem Grunde sollte zunächst die Länge der Inkubationszeit in Abhängigkeit von der Temperatur an Topfrebenblättern ermittelt werden.

Blätter

In den Versuchsjahren 2007 und 2008 wurde wöchentlich von April bis September eine Inokulation von vier Topfreben der Rebsorte ‚Müller-Thurgau‘ vorgenommen. Die Inokulation wurde bei 20°C mit einer Sporenkonzentration von $2,5 \times 10^4$ Konidien pro ml durchgeführt. Anschließend wurden die Topfreben für 20 Stunden in Kunststoffbeutel eingetütet, um eine für das Gelingen der Infektion ausreichende Blattnässe zu erhalten. Nachdem Austüten wurden die Pflanzen ins Freiland gestellt und täglich hinsichtlich des Auftretens von Blattläsionen und Pyknidien kontrolliert. Etwa sieben Tage nach dem Auftreten erster Symptome erfolgte eine Bonitur des Befallsgrades. Zur Erfassung der Temperaturverhältnisse in diesem Zeitraum wurden die Daten der Klimahauptstation Geisenheim des agrarmeteorologischen Messnetzes des Deutschen Wetterdienstes herangezogen, welche sich in etwa 300 m Entfernung von der Versuchsfläche befindet. Die mittlere Temperatur in der Inkubationszeit ergibt sich aus der Summe der Tagesmitteltemperaturen vom Tag nach der Inokulation bis zum Tag des Auftretens erster Symptome dividiert durch die Anzahl der Tage in diesem Zeitraum.

Trauben

In den Versuchsjahren 2006 bis 2008 wurden in einem Zeitraum von einer Woche vor der Blüte bis etwa sieben Wochen nach der Blüte in wöchentlichem Abstand vierfach wiederholt zehn Gescheine bzw. Trauben inokuliert. Neben dem Einfluss der Temperatur sollte hiermit der Einfluss der phänologischen Rebenentwicklung auf die Länge der Inkubationszeit ermittelt werden. Die verwendete Konidienkonzentration betrug 1×10^4 Konidien pro ml. Die Inokulation erfolgte jeweils in den Abendstunden und die Trauben blieben zur Erhaltung der Beerenbefeuchtung für 16 Stunden eingetütet. Dreimal wöchentlich erfolgte eine Kontrolle auf auftretende Befallssymptome. Im Gegensatz zur Symptomausprägung an Blättern, die meist innerhalb von einem oder zwei Tagen vollständig erfolgt, kann sich das Erscheinen von Läsionen an den Beeren über einen längeren Zeitraum erstrecken. Zur Erfassung der Temperaturverhältnisse während der Inkubationszeit wurden ebenfalls die Tagesmitteltemperaturen der Klimahauptstation Geisenheim herangezogen.

2.1.4.3. Einfluss der Blattnässedauer auf die Infektionswahrscheinlichkeit

Der Schwarzfäulepilz benötigt für eine erfolgreiche Infektion eine Nässephase, deren Mindestlänge von der Temperatur abhängt. Ziel von FAG war es, diese benötigten Mindest-Blattnässephasen zu ermitteln, um anhand von Temperatur- und Blattnässeaufzeichnungen Aussagen über das Auftreten von Infektionsereignissen treffen zu können. Dies sollte zunächst an Topfreben der Sorte Riesling ermittelt und später an Beeren im Freiland überprüft werden.

Die Bestimmung der zur Infektion benötigten Blattnässephase in Abhängigkeit von der Temperatur erfolgte bei konstanten Temperaturen in Klimakammern. Dort wurden die Pflanzen mit einer Konidien suspension (Konidiendichte: $2,5 \times 10^4$ Konidien pro ml) inokuliert und anschließend eingetütet. Nach Ablauf der definierten Nässephasen wurden die Kunststoffsäcke entfernt und die Topfreben mit Hilfe eines Ventilators abgetrocknet. Alle Versuchspflanzen

verblieben bis zum Folgetag in den temperierten Klimakammern und anschließend bis zur Befallsbonitur im Gewächshaus.

2.1.4.4. Anfälligkeit der Beeren in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium

Besonders der Beerenbefall durch *G. bidwellii* stellt eine Gefahr für Ertrag und Weinqualität dar. Daher ist es für eventuelle Bekämpfungsmaßnahmen bedeutsam, in welchen Entwicklungsstadien die jungen Beeren besonders anfällig für eine Infektion sind. Um diese besonders empfindlichen Phasen zu definieren, wurden in den Jahren 2006 bis 2008 wöchentlich Beeren künstlich inokuliert. Anhand des auftretenden Befalls sollten Rückschlüsse auf die relative Empfindlichkeit in Abhängigkeit von der phänologischen Entwicklung gezogen werden. Der Befall wurde im zweitägigen Rhythmus ermittelt, bis sich keine Veränderungen der Befallsstärke mehr ergaben. Diese Endbefallsgrade wurden zur Einordnung der Anfälligkeit der Beeren zu den verschiedenen Entwicklungsstadien herangezogen.

2.2. Untersuchung der Anfälligkeit traditioneller und pilzwiderstandsfähiger Rebsorten für die Schwarzfäule

Die Anfälligkeit verschiedener traditioneller und pilzwiderstandsfähiger Rebsorten gegen den Erreger der Schwarzfäule sollte unter standardisierten Infektionsbedingungen *in-vitro* und im Gewächshaus untersucht werden, da im Freiland ein gleichmäßiger Infektionsdruck in der Regel nur schwer sichergestellt werden kann, was einen direkten Vergleich der Anfälligkeit der verschiedenen Sorten erschwert. Bei den getesteten Rebsorten handelt es sich neben verschiedenen klassischen Sorten (z. B. Riesling, Müller-Thurgau) um Neuzüchtungen, die zum Teil über sehr gute Resistenzeigenschaften gegen den Echten und Falschen Rebenmehltau verfügen und sich deshalb für den ökologischen Weinbau besonders anbieten. Daneben wurden pilzwiderstandsfähige Rebsorten auf einer Versuchsfläche in Kues im Jahr 2005 angepflanzt und ohne Pflanzenschutzmaßnahmen bewirtschaftet, um das Verhalten der Reben unter natürlichem Infektionsdruck zu untersuchen.

2.2.1. Mikroskopische Untersuchungen

Für eine mikroskopische Charakterisierung der Sortenresistenz wurden die Sporenkeimung sowie die Appressorien- und Infektionshyphenentwicklung beobachtet. Dazu wurden je vier Topfreben (ca. 50 cm hoch) der Sorten Riesling, Helios und Solaris mit Konidiensuspensionen ($1 - 5 \times 10^5$ Konidien/ml) auf der Blattober- und -unterseite inokuliert und über Nacht unter feuchten Bedingungen inkubiert. Die Pflanzen wurden im Gewächshaus aufgestellt. Zu verschiedenen Zeiten nach der Inokulation wurde aus dem 4. Blatt (von oben) je ein Blattscheibchen entnommen und mit Blankophor oder Anilin-Blau angefärbt. Die Infektionsstrukturen wurden unter dem Mikroskop ausgezählt. Sofern nicht anders angegeben erfolgte dies auf der Blattunterseite.

2.2.2. Modelluntersuchungen im Gewächshaus

Um festzustellen, mit welcher Konidiendichte auswertbarer Befall an den Topfreben erzielt werden kann sowie zur Etablierung eines standardisierten Infektionssystems wurden Müller-Thurgau-Reben mit unterschiedlichen Konidiendichten inokuliert (5000; 10.000; 50.000; 100.000; 200.000 Konidien/ml). Der Versuch wurde mit verschiedenen Schwarzfäule-Isolaten durchgeführt, um gleichzeitig die Pathogenität der gesammelten Isolate gegenüberzustellen und vergleichen zu können. Die Befallsstärke wurde nach 14 Tagen an den inokulierten Reben erfasst.

2.2.2.1. *Pflanzenanzucht und Inokulation der Versuchspflanzen*

Einjähriges Rebholz der zu untersuchenden Rebsorten wurde im Winter gesammelt, als Einaugenstecklinge geschnitten und bis zum Frühjahr bei 4°C gelagert. Je nach Bedarf wurden die Stecklinge mit Rebwachs paraffiniert und danach im Gewächshaus in Perlite bewurzelt. Bewurzelte Reben wurden danach in einem Floraton-Perlite-Gemisch getopft und bis zur weiteren Verwendung im Gewächshaus kultiviert. Zur Untersuchung der Anfälligkeit gegenüber dem Erreger standen folgende Rebsorten zur Verfügung:

- Klassische Rebsorten:
Cabernet Sauvignon, Müller-Thurgau, Merlot, Riesling, Spätburgunder
- ‚Pilzwiderstandsfähige‘ Sorten: Baron, Bronner, Cabernet Carol, Cabernet Carbon, Cabernet Cortis, Helios, Johanniter, Merzling, Monarch, Prior, Pinotin, Solaris, Regent, VB-91-26-5, VB-91-26-27, VB-91-26-29

Zur Inokulation wurden die Topfreben tropfnass auf Blattober- und -unterseite mit der Konidien suspension mit Hilfe eines Glasfeinzerstäubers eingesprüht. Die Pflanzen wurden danach über Nacht in einer feuchten Kammer inkubiert, um die für eine Infektion erforderliche Blattnässedauer zu gewährleisten. Am folgenden Tag wurden die inokulierten Pflanzen in das Gewächshaus überführt und die Befallsentwicklung regelmäßig beobachtet. Nach 14 Tagen wurde der Befall an den Versuchspflanzen ausgewertet, indem die Befallsstärke an den verschiedenen Reorganen (Blatt, Spross, Ranken) und die Pykniendichte auf den befallenen Blättern erfasst wurde. Da nicht alle Sorten gleichzeitig inokuliert werden konnten, wurde, um die Vergleichbarkeit der Versuchsserien sicherzustellen, jeweils die Sorte Müller-Thurgau als anfällige Referenzsorte bei jeder Serie mitgeführt. Pro Sorte wurden jeweils fünf Reben inokuliert. Jede Versuchsserie wurde zweimal wiederholt.

2.2.2.2. Einfluss von Temperatur, Blattnässe und Inokulumdichte auf die Anfälligkeit traditioneller und pilzwiderstandsfähiger Rebsorten

Die zu erwartende Stärke einer Infektion ist ein wichtiger Faktor bei der Beurteilung der Bekämpfungswürdigkeit von Infektionsereignissen. Die Ausprägung der Stärke einer Infektion wird dabei von einer Reihe von Parametern beeinflusst. Im Rahmen der durchgeführten Versuche sollte der Einfluss von Temperatur, Inokulumdichte und Blattnässedauer beim Infektionsvorgang auf die Befallsstärke an anfälligen und pilzwiderstandsfähigen Gewächshausreben untersucht werden.

Bei Versuchen mit der anfälligen Sorte Müller-Thurgau wurde der Einfluss der Parameter Temperatur, Blattnässedauer und Inokulumdichte während des Infektionsvorgangs auf die Ausprägung der Befallsstärke untersucht. Dabei wurden drei Temperaturen (15,5° C; 21° C; 27°C), vier Blattnässedauern (BN_{\min}^1 von 9 h, 7 h, bzw. 6 h; 10 h; 20 h; 30 h) sowie drei Inokulumdichten (25; 250; 2.500 Konidien/ml) in die Untersuchungen einbezogen. Durch Kombination der Parameter ergaben sich insgesamt 36 Varianten. Jede Versuchsserie wurde zweimal wiederholt. In Versuchsserie 1 wurden vier Pflanzen pro Versuchsglied inokuliert. In Versuchsserie 2 standen fünf Reben pro Variante zur Verfügung.

Für Versuche zum Einfluss der Inokulumdichte auf die Schwarzfäule-Anfälligkeit pilzwiderstandsfähiger Rebsorten wurden diese den nachfolgend aufgeführten drei Anfälligkeitsgruppen zugeordnet, die anhand der vorausgegangenen Inokulationsversuche definiert worden waren:

Gruppe 1 (hoch anfällig):	Müller-Thurgau (Referenz), Regent
Gruppe 2 (mittlere Anfälligkeit):	Cabernet Carbon, Helios, Monarch
Gruppe 3 (geringe Anfälligkeit):	Bronner, Merzling, Solaris

Pro Rebsorte wurden je fünf Pflanzen mit Inokulumdichten von 100, 250, 1.000, 2.500, 10.000 und 25.000 Konidien/ml inokuliert. Nach der Inokulation wurden die Pflanzen über Nacht in einer feuchten Kammer inkubiert, um die für eine Infektion nötige Blattnässedauer für zu gewährleisten. Am nächsten Tag wurden die inokulierten Pflanzen ins Gewächshaus überführt, wo nach 14 Tagen die Befallssymptome bonitiert wurden. Die ermittelten Befallswerte wurden varianzanalytisch miteinander verglichen.

¹ BN_{\min} : Die von der Temperatur abhängige Mindestblattnässedauer für Infektion

2.2.2.3. *Einfluss von Pflanzenstärkungsmitteln auf die Anfälligkeit pilzwiderstandsfähiger Rebsorten gegenüber G. bidwellii bei niedriger Inokulumdichte*

Zur Überprüfung der Fragestellung, ob durch die Applikation von Pflanzenstärkungsmitteln auf gegen Schwarzfäule weniger anfällige pilzwiderstandsfähige Rebsorten deren Befall ausreichend vermindert werden kann, wurden Rebsorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit mit Pflanzenstärkungsmitteln behandelt und danach mit Konidiensuspensionen unterschiedlicher Konzentration inokuliert. Die Versuche wurden mit den pilzwiderstandsfähigen Sorten Bronner, Cabernet Carbon, Merzling und Solaris und der anfälligen Referenzsorte Müller-Thurgau bei konstanter Temperatur und Luftfeuchte und unterschiedlichen Inokulumdichten (250; 2.500; 25.000 Konidien/ml) durchgeführt. Pro Variante wurden vier Testpflanzen in zweifacher Wiederholung verwendet. Die Pflanzen wurden 24h vor der Inokulation mit den Versuchspräparaten behandelt. Nach der Inokulation wurden sie für etwa 20 Stunden in Inkubationskammern bei ca. 21°C und 100 % relativer Luftfeuchte und danach bis zur Auswertung in einer Gewächshauskammer mit ca. 21°C aufbewahrt. Die Auswertung erfolgte 14 Tage nach der Inokulation. Aus versuchstechnischen Gründen wurden die Versuche gestaffelt für die einzelnen Inokulumdichten durchgeführt. Dies bedeutet, dass jeweils eine Serie mit einer definierten Inokulumdichte bei allen Rebsorten angesetzt wurde.

Die folgenden Pflanzenstärkungsmittel wurden in die Untersuchung einbezogen:

- Kontrolle, Aqua dest
- Chitoplant, 0,05 %
- HF-Pilzvorsorge, 0,4 %
- Molke, 4 %
- Myco-Sin VIN, 1 %

Zur besseren Beurteilung der Wirkung verschiedener Pflanzenstärkungsmittel auf den Schwarzfäule-Befall wurde zusätzlich ein Befallswert durch Multiplikation der Werte aus „Anzahl befallener Blätter“ und „mittlere Befallsstärke befallener Blätter“ errechnet.

2.2.3. Untersuchungen zur Anfälligkeit pilzwiderstandsfähiger Rebsorten im Freiland

Auf einer Versuchsfläche in der Gemarkung Kues wurde 2005 eine Versuchsanlage gepflanzt und ohne Pflanzenschutzmaßnahmen bewirtschaftet, um die Anfälligkeit verschiedener pilzwiderstandsfähiger Rebsorten gegenüber dem Erreger der Schwarzfäule unter Freilandbedingungen zu testen. Von den roten Sorten Baron, Cabernet Carol, Cabernet Cortis, Monarch, Prior und Regent sowie den weißen Sorten Bronner, Helios, Johanniter und Solaris wurden je 130 Stock gepflanzt.

In den Jahren 2006 und 2007 konnten an den jungen, noch nicht im Ertrag stehenden Reben nur qualitative Untersuchungen durchgeführt werden. In beiden Jahren wurden noch vor dem Austrieb auf der unteren Hälfte der Versuchsanlage in Netze verpackte Schwarzfäulemumien oberhalb der Rebstöcke befestigt. Von Juli bis September wurden die Blätter der betroffenen Stöcke auf Schwarzfäule-Befall untersucht.

In 2008 und 2009 wurden jeweils zehn Trauben einer Rebsorte mit einer Konidiensuspension von $2,5 \times 10^5$ Konidien/ml inokuliert und für einen Tag in eine Plastiktüte verpackt, um ausreichende Feuchtebedingungen für die Infektion zu gewährleisten. Die Inokulationen wurden am 9. Juli 2008 und am 16. Juli 2009 durchgeführt. Bonitiert wurde nach dem Auftreten von Symptomen, und zwar am 01., 05. und 26.08.2008 sowie am 30.7. und 02.09.2009.

2.3. Maßnahmen zur Prävention des Schwarzfäule-Befalls und zur Befallsminderung

2.3.1. Maßnahmen zur Verringerung des Primärinokulum

2.3.1.1. Trester als Infektionsquelle

Stark mit Schwarzfäule belasteter Trester wurde in 600 l Thermokompostern kompostiert und dabei zweimal umgesetzt. Neben einer unbehandelten Variante wurden je einem der Komposter die Kalkprodukte Doloton (Pulverisierter Dolomit = 60% CaCO₃; 20% MgCO₃) und Hydrocal S (Gemisch aus CaCO₃, CaSO₃, CaSO₄, CaCl₂ und Ca(OH)₂) beigegeben. Sie sollten die an sich schwierige Kompostierung von Trester beschleunigen, indem der pH-Wert erhöht und gepuffert wird. Die Infektiosität nicht-kompostierter Traubenmumien sowie der kompostierten Trester wurde in einem Gewächshausversuch überprüft. Proben der Trester wurden auf Netzen oberhalb von Topfreben ausgebracht und mittels einer Nebel-Anlage durchfeuchtet, sodass die entstandenen potentiell infektiösen Tropfen auf die darunter befindlichen Blätter von Topfreben fielen. Die Blätter der Versuchsreben wurden regelmäßig auf Blattnekrosen hin untersucht.

2.3.1.2. Entfernen von Traubenmumien aus Ertragsanlagen

Im Versuchsweinberg 'Alter Bann' in der Gemarkung Kues (Rebsorte Riesling) wurden von 2006 bis 2009 beim Rebschnitt gezielt alle Mumien entfernt. In einer zentralen Rebzeile wurden sie auf den Boden geschnitten bzw. ausgelegt, um herabgefallene bzw. beim Rebschnitt entfernte Mumien zu simulieren. Anhand der Verteilung der Primärinfektionen innerhalb der Versuchsfläche sollte untersucht werden, ob es sinnvoll ist, die Bodenmumien als Quelle für Primärinfektionen zu entfernen, oder ob das Infektionspotential der Bodenmumien bereits im Frühjahr durch einen diffusen Ferntransport von Ascosporen überdeckt wird. Jeweils im Juli erfolgten Blattbonituren (Anzahl befallener Rebblätter einer Laubwandseite). Dazu wurde beidseitig (sechs Zeilen à 25 Rebstöcke) der 'Inokulum-Quelle' bonitiert. Zusätzlich wurden 2006 auch die Beeren auf Befall mit *Guignardia bidwellii* bonitiert.

2.3.1.3. Bedeutung des einjährigen Rebholzes und der Ranken als Quelle des Primärinokulums

Einjährige Triebe und Ranken können Schwarzfäuleläsionen tragen. Nach dem Rebschnitt verbleiben sie zum Teil als Zielholz bzw. am Drahtrahmen haftend in den Rebanlagen. Es wurde geprüft, ob von diesen Inokulumquellen die Gefahr von Primärinfektionen für das Reblaub ausgeht.

In der stark befallenen Versuchsanlage in Wolf wurden 2008 einjährige Triebe beim Rebschnitt gesammelt und im Labor auf Befallsstellen untersucht. Befallene Triebteile von einer Länge von ca. zwei Internodien wurden zu je 15 gebündelt. Vor der Vegetationsperiode 2009 wurden jeweils die oberen Drähte der Versuchsanlage in Wolf mit den daran befindlichen Ranken entfernt und zu Kränzen zusammengebunden. Die Holzbündel bzw. Drahtkränze wurden vor dem Austrieb in der nicht mit Pflanzenschutzmitteln behandelten Rebsortenversuchsanlage Bederei über Reben der anfälligen Sorte Regent ausgehängt. Die Reben wurden während der Vegetationszeit auf das Auftreten von Blattsymptomen der Schwarzfäule bonitiert.

2.3.2. Maßnahmen zur Vermeidung von Sekundärinfektionen

2.3.2.1. *Entfernen infizierter Blätter und Trauben*

Versuche zur Vermeidung von Sekundärinfektionen wurden 2006 auf Versuchsflächen des JKI sowie in jeder Versuchssaison mit dem ECOVIN-Verband angeschlossenen Praxisbetrieben durchgeführt. Im Rahmen der Laubarbeiten sollten die durch Primärinfektionen betroffenen Blätter und Beeren (2008) abgesammelt und aus der Rebanlage entfernt werden. In einzelnen markierten Bereichen wurde dieses Absammeln unterlassen. Im August wurde der Schwarzfäule-Befall in den unterschiedlich bewirtschafteten Anlagenteilen bonitiert.

2.3.2.2. *Einfluss befallener Blätter auf den Epidemieverlauf*

Für die Praxis war es notwendig zu prüfen, ob von der Schwarzfäule befallene, vom Rebstock entfernte Blätter auf dem Boden der Rebanlagen verbleiben können oder ob diese Inokulumquellen zur Vermeidung weiterer Infektionen besser entfernt werden sollten. Zur Untersuchung dieser Fragestellung wurden 2007 und 2008 Rebblätter mit Schwarzfäule-Symptomen in einer stark befallenen Rebanlage gesammelt und in einem Versuchsweinberg konzentriert eingebracht. In der Mitte einer aus sieben Reihen mit je drei Blöcken von sieben Reben bestehenden Parzelle wurden im Juni an einem (2007) bzw. zwei Terminen (2008) jeweils 100 befallene Rebblätter auf dem Boden ausgelegt. Ende Juli bis Anfang August wurden Blatt- und Traubenbefall bonitiert.

2.4. Möglichkeiten der Bekämpfung von *G. bidwellii* im ökologischen Weinbau

2.4.1. Selektion wirksamer Pflanzenextrakte und Mikroorganismen

Ziel der von JKI-BI durchgeführten Arbeiten war es, gegen den Erreger der Schwarzfäule wirksame Pflanzenextrakte und Mikroorganismen zu identifizieren und deren Wirksamkeit zu überprüfen. Die Versuche wurden in Petrischalen im Labor und an getopften Reben im Gewächshaus durchgeführt. Teilziele waren die Selektion wirksamer Mittel, Untersuchungen zum Wirkmechanismus und Bereitstellung von Material für Feldversuche.

2.4.1.1. *Extraktionsverfahren zur Herstellung von Pflanzenextrakten*

Mit Hilfe der Soxhlet-Extraktion wurden ethanolische Pflanzenextrakte (50% Pflanzenmaterial in 96% EtOH) hergestellt, die im Gewächshauستest zunächst in 10%iger Konzentration (= 5 % bezogen auf die Pflanzeneinwaage) an Topfreben getestet wurden. Wirksame Extrakte wurden auch bei niedrigeren Konzentrationen geprüft.

2.4.1.2. *Kultivierung antagonistischer Mikroorganismen*

Es wurden 33 Bakterienisolate und 18 Pilzisolat, von denen einige in zurückliegenden Versuchen antagonistische Wirkungen gegen verschiedene phytopathogene Pilze gezeigt hatten, in die Untersuchungen einbezogen.

In einem ersten Schritt wurden die Bakterien 48 Stunden lang in TSB bei 25°C in Schüttelkulturen angezogen. Anschließend wurden die Zellen abzentrifugiert, die Überstände sterilfiltriert und bereits autoklaviertem Kartoffel-Dextrose-Agar zugesetzt, sodass Endkonzentrationen von 10 % und 1 % erreicht wurden.

In den Versuchen mit Pilzen wurde analog verfahren. Anders als die Bakterien wurden die Pilze zwölf Tage lang in Schüttelkultur in PDB-Medium angezogen. Das Myzel wurde abzentrifugiert, das Filtrat wie oben beschrieben sterilfiltriert und dem Medium zugegeben.

2.4.1.3. *Testverfahren*

Versuche mit Extrakten aus Mikroorganismen *in-vitro*:

Die Medien wurden in Petrischalen gegossen und nach dem Erstarren mit dem Erreger der Schwarzfäule durch Aufsetzen eines Agarstückchens inokuliert. Platten ohne Zusatz von Kulturfiltrat dienen als Kontrolle. Die Platten wurden ca. zwei Wochen lang bei 20°C im Dunkeln inkubiert. Zur Erfassung der Hemmwirkung wurden die Myzeldurchmesser vermessen und mit den Durchmessern der Kontrollplatten in Relation gesetzt.

Wirksamkeitsversuche an Testpflanzen:

Pflanzenextrakte: Sofern nicht anders angegeben, wurden je 4 Topfreben der Sorte Riesling (ca. 40-50 cm hoch) verwendet. Am Tag 1 wurde je Versuchsvariante das jeweils dritte und vierte vollständig entfaltete Blatt mit einer Airbrush-Pistole mit den zu testenden Pflanzenextrakten, eingesprüht. Am folgenden Tag wurden die behandelten Blätter mit Konidien suspensionen ($1 - 5 \times 10^5$ Konidien/ml) auf der Blattober- und -unterseite inokuliert und über Nacht feucht inkubiert. Die Pflanzen wurden dann im Gewächshaus aufgestellt, und der Befall in der Regel 13 bis 14 Tage nach Inokulation bonitiert. In einem Versuch erfolgte die Applikation der Prüfmittel 24 Stunden nach der Inokulation (=kurative Anwendung).

Mikroorganismen: Die Bakterien und Pilze mit den besten *in-vitro* Wirksamkeiten wurden anschließend im Gewächshaus an Topfreben auf Wirksamkeit gegen die Schwarzfäule überprüft. Als Kultivierungsdauer wurde für den ersten Versuch (Bakterien und Pilze) 2 Tage,

für den zweiten Test (Pilze) 11 Tage gewählt. Es wurde wieder der Kulturüberstand verwendet. In einem weiteren Versuch wurden Konidiosporen (5×10^6 /ml) von zwei potenziellen Hyperparasiten sowie ein 10%iger Überstand einer Kultur des *B. subtilis*-Isolates aus Serenade appliziert.

Keimtests mit Pyknosporen auf Objektträgern:

Zur Untersuchung der Sporenkeimung wurden Sporensuspensionen pipettiert auf:

- a. Wasseragar auf Objektträgern
- b. Cellophanfolie, die auf Wasseragar auf Objektträgern lag
- c. Kollodiummembranen, die auf Wasseragar auf Objektträgern lagen

In weiteren Keimtests wurden in den Wasseragar, über dem die Kollodiummembranen lagen, unterschiedliche Mittel in verschiedenen Konzentrationen eingearbeitet (Tab. 3).

Tab. 3: Für den Sporenkeimtest auf Objektträgern verwendete Mittel

Mittel	verwendete Konz. [%]	Hersteller	Art des Mittels	flüssig / fest
Aqua dest.			Kontrolle	flüssig
Ethanol (96 %)	0,5		Kontrolle	flüssig
Primelwurzel-Extrakt aus <i>Primula veris</i> (50 % in 96 % EtOH)	0,5		Pfl.-Extrakt	flüssig
Efeu-Extrakt (50 % in 96 % EtOH)	0,5		Pfl.-Extrakt	flüssig
Vegard	0,5	Kingbo Biotech	pflanzliches Mittel	flüssig
Frutogard	1,5	Spiess-Urania	Pfl.-Stärkungsmittel	flüssig
Serenade MAX	0,5	AgraQuest	mikrobielles Fungizid	fest
Bion 50 WG	1,0	Novartis	Resistenzinduktor	fest
Polyram Combi	0,2	Celamerck	chemisches Fungizid	fest

2.4.1.4. Untersuchungen mit Primelwurzel-Extrakt

Versuche zum Wirkungsspektrum

Ethanolischer Primelwurzel-Extrakt wurde in verschiedenen Konzentrationen in flüssigen PDA eingemischt. Nach Ausgießen in Petrischalen wurden die Platten mit verschiedenen Pilzen beimpft. Als Kontrolle dienten PDA-Platten, in die aliquote Mengen Ethanol eingemischt wurden.

Ermittlung der UV-Stabilität

Topfreben wurden mit Primelwurzel-Extrakt (0.5%) behandelt, und nach der Behandlung vier Stunden der natürlichen Sonnenstrahlung (sonniger Tag) ausgesetzt. Die Kontrollpflanzen blieben im Gewächshaus. Am nächsten Tag wurden die Pflanzen mit einer Konidiensuspension inokuliert.

Wässriger, unverdünnter Primelwurzel-Extrakt wurde unter der UV-Lampe der Sterilbank aufgestellt. Danach wurde der Extrakt steril filtriert und in flüssigen PDA gegeben (Endkonzentration 0.5 bzw. 0.05%), der anschließend in Petrischalen gegossen wurde. Bei den Kontrollplatten wurde nicht mit UV-Licht behandelter Extrakt verwendet. Die Platten wurden mit *G. bidwellii* beimpft, und der Myzeldurchmesser nach 10tägiger Inkubation bei 20 °C bestimmt.

Versuche zur Verbesserung der Regenfestigkeit

Jeweils 4 Topfreben (ca. 50 cm hoch, Sorte Riesling) wurden mit Primelwurzel-Extrakt (0.5%) mit oder ohne Zusatz der Netzmittel Nu-Film 17 (Andermatt Biocontrol AG), Nu-Film P, Trifolio-S-Forte (Biofa AG), Pro Net-Alfa (Proagra) oder Designer (Spiess Urania) behandelt. Eine Stunde bzw. 24 Stunden nach der Behandlung wurde ein Teil der Pflanzen mit einer Handbrause je ca. 10 sec. intensiv abgebraust. Auffangen und Messen des Wassers ergab eine Niederschlagsmenge von 1 Liter pro Pflanze. Nach dem Abtrocknen wurden die Pflanzen mit einer Konidiensuspension (1×10^5 pro ml) inokuliert und über Nacht feucht inkubiert. In einer zweiten Serie von Abwaschversuchen wurde Primelwurzel-Extrakt (0,5%) in Mischung mit Gummi arabicum (0,5 oder 1%) appliziert. Die Pflanzen wurden im Gewächshaus aufgestellt und der Befall der inokulierten Blätter bonitiert.

2.4.2. Untersuchungen zur Wirksamkeit von Pflanzenschutz- und Pflanzenstärkungsmitteln in Labor- und Gewächshausversuchen

Die Wirksamkeit von Pflanzenschutzmitteln und Pflanzenstärkungsmitteln gegenüber dem Erreger der Schwarzfäule (*Guignardia bidwellii*) wurde in Labor- und Gewächshausversuchen getestet. Ziel dieser Versuche war es vor allem, die Wirksamkeit ausgewählter Pflanzenstärkungsmittel und Substanzen, die gemäß der EU-Verordnung 834/07 Anhang II B im ökologischen Weinbau eingesetzt werden dürfen, zu überprüfen. Parallel auftretende phytotoxische Effekte der Testpräparate wurden dokumentiert. In allen Versuchen wurde das Pflanzenschutzmittel Polyram WG als Vergleichsmittel aus dem integrierten Weinbau eingesetzt.

2.4.2.1. *Keimungsversuche an Blattscheiben*

Da die Konidien von *Guignardia bidwellii* beim Keimungsprozess auf eine hydrophobe Oberfläche angewiesen sind, wurden Untersuchungen zur Keimung und zur Appressorienbildung auf Blattscheiben durchgeführt. Scheiben mit einem Durchmesser von 10 mm wurden mittels Korkbohrer aus Blättern mittleren Alters der Rebsorten ‚Riesling‘ sowie ‚Müller-Thurgau‘ gestochen und auf Wasser-Agar in Petrischalen übertragen, um sie vor Austrocknung zu schützen.

Die Testsubstanzen wurden nach Herstellerangaben angesetzt und gemäß protektivem Einsatz vor der Inokulation auf die Blattscheiben gesprüht. Anschließend erfolgte die Inokulation durch Aufsetzen von 100 µl einer Konidiensuspension auf die Mitte jeder Blattscheibe. Anschließend verblieben die Petrischalen für einen definierten Zeitraum bei 20 °C im Brutschrank. Ab dem Tag „1“ nach Inokulation wurde täglich eine Charge an Blattscheiben aus dem Brutschrank entnommen, um die Keimungsdynamik zu dokumentieren.

Um den aktuellen Keimungsstatus festzuhalten, erfolgte eine Fixierung mit 2,5%iger Glutardialdehyd-Lösung für etwa zwei Minuten. Zur Vorbereitung der Untersuchungen am Fluoreszenzmikroskop wurden die pilzlichen Strukturen mit 0,1%igem Blankophor PSG flüssig angefärbt.

Keimung und Appressorienbildung wurden am Fluoreszenzmikroskop BZ-8000 K (Keyence Corporation, Osaka/Japan) erfasst. Konidien galten als gekeimt, wenn die Austrittsstelle des Keimschlauches aus dem Konidium zu erkennen war. Von der Bildung eines Appressoriums wurde ausgegangen, wenn sich eine deutliche Verdickung am Ende des Keimschlauches ausgebildet hatte. Pro Versuchsglied wurden auf vier Blattscheiben jeweils 100 Konidien begutachtet.

2.4.2.2. *Untersuchung der protektiven und kurativen Wirkung*

Gewächshausversuche

Zur Prüfung der protektiven Wirkung von Pflanzenschutz- und Pflanzenstärkungsmitteln wurden pro Versuchsglied auf jeweils vier, ca. 50 cm große, möglichst homogene Topfpflanzen die vorher suspendierten Prüfmittel mittels Airbrush-Pistole appliziert. Vom Schwarzfäule-Isolat Mo05 wurde ein Mycelblock auf Hafermehl-Agar übertragen und für ca. drei Wochen bei einem Tag/Nacht-Rhythmus von 12h/12h kultiviert. Zur Herstellung der Konidiensuspension wurden die Platten mit ca. 10 ml Aqua dest. abgespült. Anschließend wurde die Konidiendichte mittels Thoma-Zählkammer ermittelt und auf eine Konzentration von 10^5 Konidien pro Milliliter eingestellt. Die Inokulation erfolgte 24 Stunden nach der Applikation der Prüfsubstanzen. Dabei wurden jeweils die fünf jüngsten Blätter mittels Sprühzerstäuber inokuliert. Die inokulierten Blätter wurden markiert. Zur Erhaltung der für eine Infektion notwendigen Blattnässe wurden die inokulierten Pflanzen für ca. 24 h in Kunststoffsäcke eingetütet. Anschließend verblieben die Versuchspflanzen im Gewächshaus. Erste Schadsymptome waren meist ca. neun Tage nach Inokulation festzustellen. Die Bonitur des Befalls erfolgte 16 Tage nach Inokulation. Es wurde der Befall an den Blättern, am Haupttrieb, dem Blattstiel und an den Ranken erfasst. Bei den Blättern erfolgte eine Einteilung in 14 Befallsklassen (0%, 1%, 2%, 5%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100%).

Freilandversuche

Im Jahre 2007 wurden die Prüfmittel auf ihre Wirksamkeit an Beeren im Freiland getestet. Dazu erfolgte zwei (BBCH 73) und vier Wochen (BBCH 79) nach der Blüte eine Behandlung von jeweils fünf Trauben pro Prüfsubstanz. Nach 24 Stunden wurden die Trauben mit einer Konidiensuspension (Konidiendichte: 1×10^4 Konidien pro ml) inokuliert und nach Auftreten der Symptome der Befallsgrad bonitiert.

2.4.2.3. *Regenfestigkeit*

Zur Überprüfung der Regenfestigkeit der Präparate wurden die Topfpflanzen in zwei Versuchsserien unmittelbar nach dem Antrocknen der Prüfsubstanzen einem künstlichen Regenereignis ausgesetzt. Die Beregnung erfolgte mit einer handelsüblichen Brause (Modell „Sanufo“, Fa. Arma, Bezug über Salzig GmbH, Geisenheim) mit einem Kopfdurchmesser von 20 cm. Aufgrund der waagerechten Anordnung der Düsen entspricht dieser Kopfdurchmesser der Breite des Regenkegels in der Höhe der Pflanzen. Die Entfernung zwischen Brause und Topf betrug 125 cm, der Wasserdruck 0,2 bar und der Wasserdurchfluss pro Stunde 200 Liter. Um eine gleichmäßige Beregnung der gesamten Pflanze zu gewährleisten, wurden die Pflanzen auf einer rotierenden Scheibe positioniert. Jede Pflanze passierte einmal den Regenkegel unterhalb der Brause. Die Scheibe bewegte sich mit einer Drehzahl von 0,6 Umdrehungen pro Minute. Die ausgebrachte Wassermenge pro Pflanze betrug ca. 300 ml, was einem Niederschlagsereignis von 18,1 mm entspricht.

2.4.3. Freilandversuche zur Regulation der Schwarzfäule

2.4.3.1. *Wirkung von Pflanzenschutzmitteln gegen Überwinterungsstadien von *G. bidwellii**

Es wurde untersucht, ob durch die Applikation von Schwefelkalk als Voraustriebsbehandlung das am Rebholz befindliche Primärinokulum vermindert werden kann. In ECOVIN-Praxisbetrieben wurde jeweils im April vor dem Austrieb eine 4%ige Schwefelkalk-Lösung ausge-

bracht. Jeweils zum Zeitpunkt des Auftretens des ersten Befalls an Blättern wurde die Anzahl an Blattläsionen ermittelt.

In der Versuchsanlage Wolf wurde 2007 in einer im Vorjahr stark befallenen Rebanlage (Müller-Thurgau) vor dem Austrieb der Reben eine 4%ige und eine 20%ige Schwefelkalk-Lösung ausgebracht bzw. die Ranken aus dem Drahtrahmen entfernt. Die Kontrolle blieb unbehandelt. Alle Versuchsvarianten wurden in vierfacher Wiederholung ausgeführt. Zum Zeitpunkt des Auftretens des ersten Befalls an Blättern wurde die Anzahl an Blattläsionen ermittelt.

Ebenfalls 2007 wurde Rebholz aus einer stark befallenen Rebanlage entnommen und wie in Kap. 2.3.1.3 beschrieben behandelt. Vor dem Aushängen in die Rebsorten-Versuchsanlage wurde das Holz in 4% und 20% Schwefelkalklösung bzw. im Falle der Kontrolle in Wasser getaucht. Die Versuchsreben wurden im Zeitfenster „nach dem Austrieb“ bis zum allgemeinen Auftreten von Blattläsionen auf Schwarzfäule-Symptome hin untersucht.

2.4.3.2. Untersuchung der Wirksamkeit von Versuchspräparaten zum Schutz der Reben vor Blatt- und Traubeninfektionen

Auf der Versuchsanlage des JKI in Wolf mit hohem natürlichem Infektionsdruck wurden Versuchspräparate und Spritzfolgen getestet. Ziel war es, die Effizienz von Präparaten, die im Labor- und Gewächshaus-Screening gute Wirkung gegen die Schwarzfäule zeigten, unter Freilandbedingungen zu prüfen. Die Anlage war mit der anfälligen Rebsorte Müller-Thurgau bestockt. Alle Applikationen erfolgten mit einem Tunnelsprühgerät (Fa. Schachtner) auf einer handgeführten Raupe. Die Versuche wurden als randomisierte Blockanlagen mit vier Wiederholungen angelegt. Die Versuchsglieder waren eine Rebzeile breit und bestanden aus jeweils 25 (2006) bzw. 16 (2007-2009) Rebstöcken. Der Beginn der Behandlungen nach dem Austrieb der Reben wurde jeweils in Abhängigkeit von Rebphänologie, Witterungs- und Infektionsbedingungen festgelegt. Danach wurde bis zum Ende der Pflanzenschutzsaison in wöchentlichen Abständen appliziert. Zur Vermeidung von Peronospora- und Oidium-Infektionen wurde in der Versuchsparzelle in einem etwa 10tägigen Abstand eine "Grundabdeckung" mit Pflanzenschutzmitteln durchgeführt, die keine Wirkung gegen die Schwarzfäule besitzen. Auf Grundlage der Daten der Wetterstation Wolf (Traben-Trarbach) wurden Zeitpunkt und Anzahl der potentiellen Infektionsereignisse für die Schwarzfäule auf der Versuchsfläche berechnet. Angaben über Versuchsvarianten und Behandlungsparameter der einzelnen Versuchsjahre sind in den Tabellen A-1 bis A-4 im Anhang zusammengestellt. Bei Befallsbonituren wurden jeweils Stichproben von 100 Blättern bzw. Trauben begutachtet. Die Befallsstärke in Prozent wurde entsprechend den EPPO-Guidelines neun Befallsklassen zugeordnet. Boniturtermine sind in Tab. 4 gelistet. Aufgrund des extremen Peronosporabefalls in der Versuchsfläche im Jahr 2009 musste bereits die erste Blattbonitur am 13.08.2009 erfolglos abgebrochen werden, da durch starken peronosporabedingten Blattfall und sich überlagernde Infektion auf Blättern und Trauben keine Differenzierung zwischen den Schaderregern mehr möglich war und somit keine fundierte Befallsschätzung erfolgen konnte.

Tab. 4: Boniturtermine der Freilandversuche.

Jahr	Datum	Blätter	Trauben	Jahr	Datum	Blätter	Trauben
2006	05. Jul	x	x	2008	03. Jul		x
	07. Jul				04. Jul	x	
	07. Aug		x		11. Jul	x	
	23. Aug		x		30. Jul		x
	04. Sep	x			20. Aug		x
2007	25. Jun	x			22. Aug	x	
	17. Jul		x	2009	13.8.	x	x
	13. Aug		x				
	14. Aug	x					

Versuche 2006:

Da im ersten Versuchsjahr noch keine Ergebnisse aus dem Screening vorlagen, wurden im ökologischen Weinbau praxisübliche Verfahren evaluiert. Außerdem wurden Variationen von Kupfer- und Schwefelanwendungen evaluiert. Die erste Behandlung erfolgte am 24. Mai 2006. Insgesamt wurde zwölfmal behandelt, zuletzt am 9. August 2006. Während der Untersuchungsperiode (April bis September) wurden aus den Wetterdaten 35 potentielle Infektionsereignisse berechnet. Es wurden acht Varianten geprüft.

Tab. 5: Versuchsvarianten in den Freilandversuchen 2006.

Variante	Wirkstoff	Bemerkungen
1 Kontrolle		Unbehandelt
2 Schwefelkalk	Calciumpolysulfit	
3 Thiovit Jet	Netzschwefel	
4 Cuprozin flüssig + Thiovit Jet	Kupferhydroxid Netzschwefel	Kupfer praxisüblich, maximal 3 kg/ha/a
5 Cuprozin flüssig + Thiovit Jet	Kupferhydroxid Netzschwefel	Im Blütbereich erhöhte, sonst verminderte Kupferaufwandmenge maximal 3 kg/ha/a
6 Cuprozin flüssig	Kupferhydroxid	Kupfer praxisüblich, maximal 3 kg/ha/a
7 Myco-Sin VIN	Aluminiumsilikat etc.	
8 Folpan 80 WDG	Folpet	Vergleichsvariante, integriert

Versuche 2007:

Zu Beginn des Versuchsjahres waren erste Ergebnisse aus Labor- und Gewächshausversuchen vorhanden, sodass Präparate mit guter Wirkung im Gewächshaus später im Freiland getestet werden konnten. Die erste Behandlung erfolgte am 16. Mai 2007. Insgesamt wurde elfmal behandelt. Der letzte Termin war am 25. Juli 2007. Während der Untersuchungsperiode (April bis September) wurden aus den Wetterdaten 31 potentielle Infektionsereignisse berechnet. Es wurden zehn Varianten geprüft.

Tab. 6: Versuchsvarianten in den Freilandversuchen 2007.

	Variante	Wirkstoff	Bemerkungen
1	Kontrolle		Unbehandelt
2	Norponin BS Liquid	Yucca-Extrakt	Versuchspräparat von JKI-BI
3	Nor-Spice Te Liquid	Teebaumöl-Extrakt	Versuchspräparat von JKI-BI
4	BioBlatt Mehлтаumittel	Soja-Lecithin	Versuchspräparat von FAG
5	Thiovit Jet + Frutogard	Netzschwefel Kalium-Phosphonat etc.	Anwendung bis ES 73
6	Thiovit Jet	Netzschwefel	Anw. durchgehend mit 3,2 kg/ha
7	Thiovit Jet.	Netzschwefel	
8	Thiovit Jet + Myco-Sin Vin	Netzschwefel Aluminiumsilikat etc.	
9	Thiovit Jet + Cuprozin flüssig	Netzschwefel Kupferhydroxid	maximal 2 kg/ha/a Reinkupfer
10	Polyram WG	Metiram	Vergleichsvariante, integriert

Versuche 2008:

In diesem Versuchsjahr wurden weitere Präparate, die in Labor- und Gewächshausversuchen der Kooperationspartner gute Wirkung gegen die Schwarzfäule gezeigt hatten, im Freiland getestet. Außerdem wurden Kombinationen von Pflanzenschutz- und Pflanzenstärkungsmitteln eingesetzt, mit dem Ziel, die bisher beobachtete gute Kombinationswirkung von Schwefel und Kupfer in Phasen hohen Infektionsdrucks zu nutzen, den Kupfereinsatz aber durch die Anwendung von Pflanzenstärkungsmitteln in weniger sensiblen Phasen weiter zu reduzieren. Die erste Behandlung erfolgte am 15. Mai 2008. Die letzte von insgesamt zwölf Versuchsapplikationen war am 5. August 2008. Während der Untersuchungsperiode (April bis September) wurden 26 potentielle Infektionseignisse aus den Wetterdaten errechnet. Es wurden zehn Varianten geprüft.

Tab. 7: Versuchsvarianten in den Freilandversuchen 2008.

	Variante	Wirkstoff	Bemerkungen
1	Kontrolle		Unbehandelt
2	TRF 110	Rhabarberextrakt	Versuchspräparat FAG
3	Waschnuss Pulver + NU-FILM P	Saponine Haftmittel	Versuchspräparat FAG/JKI-BI
4	Serenade MAX	<i>Bacillus subtilis</i>	Versuchspräparat JKI-BI
5	Thiovit Jet + Waschnuss Pulver	Netzschwefel Saponine	Versuchspräparat FAG
6	Thiovit Jet	Netzschwefel	
7	Thiovit Jet + Cuprozin flüssig	Netzschwefel Kupferhydroxid	100 g/ha RK pro Anwendung; max. 1,2 kg/ha/a Reinkupfer
8	Thiovit Jet + Myco-Sin Vin + Frutogard + Cuprozin flüssig	Netzschwefel Aluminiumsilikat etc. Kalium-Phosphonat etc. Kupferhydroxid	Myco-Sin Vin in weniger sensiblen Phasen. Bei hohem Infektionsdruck Frutogard bis ES 73, danach Kupfer (100 g/ha pro Anwendung)
9	Thiovit Jet + Myco-Sin Vin + Cuprozin fl.	Netzschwefel Aluminiumsilikat etc. Kupferhydroxid	Myco-Sin Vin in weniger sensiblen Phasen. Bei hohem Infektionsdruck Kupfer (100 g/ha pro Anw.)
10	Polyram WG	Metiram	Vergleichsvariante, integriert

Versuche 2009:

Die Versuche dieses Jahres hatten zum Ziel, die Wirksamkeit von Saponinen durch Zusatzstoffe zu erhöhen, ein weiteres Schwefelpräparat zu testen und Kombinationen von Schwefel, Kupfer und Pflanzenstärkungsmitteln mit möglichst geringem Kupferaufwand zu erproben. Am 13. Mai 2009 erfolgte die erste von zwölf Behandlungen, die letzte war am 29. Juli 2009. Während der Untersuchungsperiode (April bis September) wurden 28 potentielle Infektionsereignisse aus den Wetterdaten errechnet. Zehn Versuchsvarianten wurden geprüft.

Tab. 8: Versuchsvarianten in den Freilandversuchen 2009.

	Variante	Wirkstoff	Bemerkungen
1	Kontrolle		
2	Heliosoufre S	Schwefel + Fichtenöl	
3	Thiovit Jet + Waschnuss-Pulver + Gummi arabicum	Netzschwefel Saponine Haftmittel	Versuchspräparat FAG/JKI-BI
4	Thiovit Jet + Primelwurzel-Extrakt + Gummi arabicum	Netzschwefel Saponine Haftmittel	Versuchspräparat JKI-BI
5	Thiovit Jet + NanoKupfer	Netzschwefel Kupferoxychlorid Vers.	Formulierung v. Kupfer-octanoat, max. 0,6 kg/ha/a Reinkupfer
6	Thiovit Jet	Netzschwefel	
7	Thiovit Jet + Cuprozin fl. 100g/Appl	Netzschwefel Kupferhydroxid	100 g/ha RK pro Anwendung; max. 1,2 kg/ha/a Reinkupfer
8	Thiovit Jet + Cuprozin fl.	Netzschwefel Kupferhydroxid	Verlängerte Spritzabstände; 100 g/ha RK pro Anwendung; max. 1,2 kg/ha/a Reinkupfer
9	Thiovit Jet + Frutogard + Myco-Sin Vin + Cuprozin fl	Netzschwefel Kalium-Phosphonat etc. Aluminiumsilikat etc. Kupferhydroxid	Myco-Sin Vin in weniger sensiblen Phasen. Bei hohem Infektions- druck Frutogard bis ES 73, danach Kupfer (100 g/ha pro Anwendung)
10	Polyram WG	Metiram	Vergleichsvariante, integriert

2.4.3.3. Parallele Regulation der Schwarzfäule und des Falschen Mehltaus im ökologischen Weinbau

Da in der weinbaulichen Praxis sowohl Schwarzfäule als auch Peronospora gleichzeitig bekämpft werden müssen, wurden in 2009 sowohl in Bernkastel-Kues als auch in Geisenheim Freilandversuche zur parallelen Regulierung von *G. bidwellii* und *Plasmopara viticola* durchgeführt. Unter Freilandbedingungen bei hohem, im Vergleich zur Versuchsanlage Wolf jedoch deutlich geringerem Befallsdruck wurde untersucht, ob es möglich ist, die beiden Problem-Pathogene im Rahmen einer ökologischen Spritzfolge einzudämmen. Folgende Gründe sind hierfür anzuführen: Im integrierten Rebschutz haben einige der gegen *P. viticola* sowie *E. necator* (Echter Mehltau oder Oidium) eingesetzten organisch-synthetischen Fungizide eine Nebenwirkung gegenüber *G. bidwellii*. Das heißt, bei entsprechender Gestaltung des Spritzplanes und unter Einhaltung der Maßgaben des Resistenz-Managements ist eine parallele Bekämpfung aller drei Pathogene gut möglich. Diese Sachlage ist nicht auf die Situation im ökologischen Weinbau übertragbar. Aus diesem Grunde wurden in Geisenheim und in Bernkastel-Kues entsprechende Freilandversuche angelegt (Tab. 9 und Tab. 10).

Tab. 9: Behandlungsdaten des Versuchs zur gleichzeitigen Bekämpfung von Schwarzfäule und Peronospora am Standort Bernkastel-Kues.

Bernkastel-Kues 2009				Applikation									
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Applikationstermin				13. Mai.	20. Mai.	29. Mai.	8. Jun.	18. Jun.	26. Jun.	6. Jul.	16. Jul.	27. Jul.	7. Aug.
Entwicklungsstadium BBCH				17	17-19	55-57,61	61-68	71-73	73	73-75	75-79	79	79
Basiswasseraufwand				400	400	600	1000	1000	1200	1400	1400	1600	1600
Variante	Wirkstoff	Wirkstoff- gehalt	Einh.	Aufwandmenge									
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Kontrolle		kg/ha	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Thiovit Jet	Netzschwefel	800 g/kg	kg/ha	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	-
	Vitisan / Steinhauers Mehltauschreck	Kaliumhydrogencarbonat		kg/ha	-	-	-	-	-	-	-	-	4,0
	Frutogard	Kalium-Phosphonat etc.		l/ha	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	-	-	-
	Mycosin Vin	Aluminiumsilikat etc.		kg/ha	-	-	-	-	-	-	4,0	4,0	4,0
	Cuprozin fl.	Kupferhydroxid*	460 ml/l	l/ha	-	-	-	-	1,0	1,2	-	-	-
3	Schwarzfäule-Kontrolle												
	Forum	Dimethomorph	150 g/l	l/ha	0,48	0,48	0,72	1,20	1,20	1,44	1,68	1,68	1,92
	Equation Pro	Famoxadon + Cymoxanil	225/300 g/kg	kg/ha	0,16	0,16	0,24	-	-	-	-	-	-
4	Peronospora-Kontrolle												
	Sythane 20 EW	Myclobutanil	200 g/l	l/ha	0,06	0,06	0,09	0,15	0,15	0,18	0,21	0,21	0,24

* Gesamt: 0,493 kg/ha Reinkupfer

Tab. 10: Behandlungsdaten des Versuchs zur gleichzeitigen Bekämpfung von Schwarzfäule und Peronospora am Standort Geisenheim.

Geisenheim 2009				Applikation									
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Applikationstermin				13. Mai.	25. Mai.	4. Jun.	17. Jun.	25. Jun.	6. Jul.	16. Jul.	27. Jul.	6. Aug.	17. Aug.
Entwicklungsstadium BBCH				53	55	63	68	71	75	79	79	79/81	81
Basiswasseraufwand				600	800	1000	1200	1400	1600	1600	1600	1600	1600
Variante	Wirkstoff	Wirkstoff- gehalt	Einh.	Aufwandmenge									
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Kontrolle		kg/ha	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Netzschwefel Stulln + Cuprozin fl.	Netzschwefel	800	kg/ha	4,2	4,8	2,8	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	-
		Kupferhydroxid*	460	l/ha	1,0	1,4	1,6	1,6	1,4	1,2	1,0	0,6	0,6
3	Netzschwefel Stulln	Netzschwefel	800 g/kg	kg/ha	4,2	4,8	2,8	3,2	3,2	3,2	-	-	-
	Vitisan	Kaliumhydrogencarbonat		kg/ha	-	-	-	-	-	-	12,0	12,0	12,0
	Frutogard	Kalium-Phosphonat etc.		l/ha	4,0	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	-
	Mycosin Vin	Aluminiumsilikat etc.		kg/ha	-	-	-	-	-	-	4,0	4,0	4,0
	Cuprozin fl.	Kupferhydroxid**	460 ml/l	l/ha	-	-	-	-	1,4	1,6	-	-	-

* Gesamt: 2,5 kg/ha Reinkupfer

** Gesamt: 0,672 kg/ha Reinkupfer

Die Versuche wurden auf den mit der Rebsorte Riesling bestockten Versuchspartellen „Sand“ der FAG in der Geisenheimer Einzellage Fuchsberg und „Terrassen“ von JKI-OW in der Lage Kueser Rosenberg durchgeführt. Im Rahmen der vorjährigen Versuchsaktivitäten unterblieben in der Anlage jegliche Pflanzenschutzmaßnahmen mit Fungiziden, die eine Nebenwirkung gegenüber dem Erreger der Schwarzfäule erwarten lassen. Die Grundabdeckung gegenüber *E. necator* erfolgte in Abhängigkeit vom Infektionsdruck, um die Auswertung nicht zu beeinträchtigen.

Befallsbonituren erfolgten nach dem Auftreten erster Symptome. Bei der Bonitur wurde eine zufallsgemäß festgelegte Stichprobe von 100 Organen (Blätter, Trauben) begutachtet. Eine Differenzierung des Befalls in Prozent am Blatt bzw. befallener Beeren pro Traube erfolgte in Befallsklassen (9er Schema) gemäß der EPPO-Richtlinie „Guideline for the efficacy evaluation of fungicides“ für *Plasmopara viticola*.

2.4.3.4. Einfluss der Schwarzfäule auf den Ertrag in Abhängigkeit von Bekämpfungsmaßnahmen

Um den Einfluss der Schwarzfäule auf den Traubenertrag zu untersuchen, wurden in allen Versuchsvarianten Rebstöcke beerntet. Im ersten Versuchsjahr wurden 10 Stöcke pro Wiederholung, in den folgenden Jahren 3 Stöcke pro Wiederholung erfasst. Aus den Ergebnissen der einzelnen Wiederholungen wurden Mittelwerte für die jeweiligen Varianten gebildet. Die relativen Erträge in Relation zur konventionell behandelten Vergleichsvariante wurden in Relation zur Befallsstärke an Trauben gesetzt. Im Jahr 2009 war aufgrund des extremen Peronosporabefalls keine quantitative Ertragsauswertung möglich.

2.4.3.5. Einfluss der Bekämpfungsmaßnahmen gegen die Schwarzfäule auf Raubmilben

Die Feldversuche zur Prüfung der biologischen Wirksamkeit verschiedener Pflanzenschutz- und Pflanzenstärkungsmittel wurden begleitet von monatlichen Untersuchungen des Raubmilbenbesatzes der Rebblätter. Jeweils vier Wiederholungen der Versuchsvarianten wurden in den Monaten Juni bis September beprobt. Für jede Probe (Wiederholung) wurden nach dem Zufallsprinzip 25 Blätter aus der Mitte der Laubwand entnommen und in einen luftdicht verschließbaren Plastikbehälter (Volumen: 2 Liter) überführt. Im Labor wurden die Blätter nach der Methode von HILL und SCHLAMP (1984) ausgewaschen und die Raubmilben unter einem Stereomikroskop ausgezählt. Der Grad der Schädigung wurde durch den Relationswert (RW) ermittelt:

$$RW = 100 \times (\text{Besatz Kontrolle} - \text{Besatz behandelt}) / (\text{Besatz Kontrolle})$$

Ein Mittel bzw. eine Spritzfolge wurde bei $RW \leq 40$ als „nicht schädigend“, bei $40 < RW \leq 80$ als „schwach schädigend“ und bei höheren RW als „stark schädigend“ eingestuft.

Tab. 11: Beprobungstermine für die Raubmilbenuntersuchungen

Jahr	Beprobungstermine				
2006	18.05.	28.06	31.07.	26.09.	
2007	14.05.	11.06.	09.07.	06.08.	05.09.
2008	09.06.	07.07.	11.08.	09.09.	
2009	09.06.	24.08.			

3. Ergebnisse

3.1. Biologie und Epidemiologie des Schwarzfäule-Erregers

3.1.1. Standardverfahren zur Gewinnung von Konidiosporen als Inokulum

Eine wichtige Voraussetzung für die Labor- und Gewächshausversuche war die Verfügbarkeit eines definierten Inokulum in ausreichender Menge und gleichbleibender Qualität. Zu Beginn des Projektes wurden daher Versuche zur Kultivierung und Sporulation verschiedener Isolate des Erregers durchgeführt. Ausgangspunkt waren 24 durch die Projektpartner an Reben im Untersuchungsgebiet gesammelte Isolate von *G. bidwellii*.

Wachstumsversuche bei unterschiedlichen Temperaturen ergaben, dass das Myzel von *G. bidwellii* bei 25°C am besten wächst. Von den verschiedenen verwendeten Nährmedien ermöglichte Hafermehl-Agar im Falle der untersuchten Isolate das beste vegetative Wachstum bei den untersuchten Isolaten sowie die beste Konidienbildung. Gute Ergebnisse wurden auch mit MEA (Difco) erzielt. Da aus der Literatur bekannt war, dass die Art der Beleuchtung der Kulturen einen großen Einfluss auf die Sporenbildung (Ascosporen- oder Konidienbildung) und die Sporenmenge hat, wurde auch der Einfluss dieses Faktors untersucht. Bei Dauerbeleuchtung konnten deutlich größere Konidienmengen geerntet werden als bei Hell-Dunkel-Rhythmus (16:8 Stunden, Abb. 1). Ebenso ließen sich bei Verwendung einer Mischung von Weiß- und Schwarzlicht größere Konidienmengen pro Agarplatte ernten als bei Weißlicht allein. Folgende Kulturbedingungen wurden demzufolge als Standard festgelegt:

- Erhaltung der Isolate:
Kartoffel-Dextrose-Agar; 21°C; Hell-Dunkel Rhythmus (Weißlicht; 16:8 Stunden)
- Produktion von Konidien:
Hafermehl-Agar; 25°C; Dauerlicht (Mischung Weiß-Schwarzlicht)

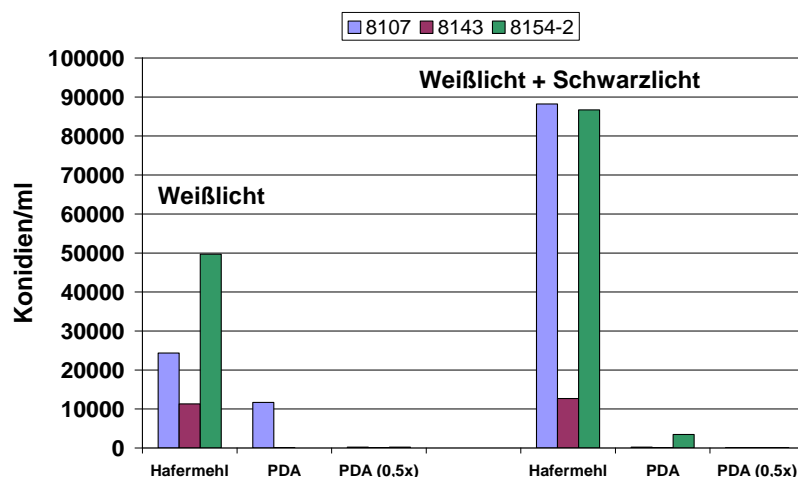


Abb. 1: Konidienbildung von drei *Guignardia*-Isolaten bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen und verschiedenen Nährmedien

3.1.2. Entwicklung der Fruchtkörper und Quantifizierung der Askosporenbildung

Beim ersten großräumigen Auftreten der Schwarzfäule an der Mosel im Jahr 2004 deuteten die Befallsmuster auf eine starke Ausbreitung des Pilzes und Inokulation der Reben durch Ascosporen im Sommer hin, da starker Befall im Windschatten verwilderter Rebflächen (Drieschen) und besonders in den Windfahnen stark verdrieschter Seitentäler zu beobachten war. Darüber hinaus war ein großräumiger Streifen starken Befalls erkennbar, der sich von südwest nach nordost über einen Bereich der stark mäandrierenden Mosel zwischen Lieser und Cochem erstreckte. Während in den Moselschleifen rechts und links dieses Streifens kein oder sehr wenig Befall feststellbar war, herrschte innerhalb des Streifens ein Mosaik mehr oder weniger starker Schäden. Hier schien es zwar einem Zufall zu gleichen, ob Totschäden auftraten oder gesunde Reben vorgefunden wurden, jedoch reflektierte dies eher, ob zuvor ein Mittel mit Zusatzwirkung gegen Schwarzfäule appliziert wurde. Das großräumige Befallsmuster in Verbindung mit zum Teil nicht vorhandenem Vorbefall an Blättern deutete darauf hin, dass ein einmaliges Gewitterereignis für diese streifenförmig abgegrenzte Befallsausbreitung verantwortlich war. Aus der Literatur (Hoffman et al., 2004) war bekannt, dass am Stock verbliebene Schwarzfäulemumien ein erhebliches Infektionsrisiko, auch spät in der Vegetationsperiode, darstellen können. Da Schwarzfäulemumien in Ertragsanlagen häufig zu Boden fallen, bzw. beim Rebschnitt auf den Boden gelangen, wo sie entweder verbleiben oder bei Bodenbearbeitungsmaßnahmen untergegraben werden, sollte geprüft werden, welche Rolle dieses Material für den Epidemieverlauf der Schwarzfäule spielen kann. Durch den Versuchsansatz sollten diese Situationen simuliert werden, indem gesammelte Mumien im Drahtrahmen von Rebanlagen exponiert, auf dem Boden ausgelegt bzw. in den Boden eingegraben wurden. Durch die wöchentlichen Untersuchungen des Entwicklungszustandes über die gesamte Vegetationszeit gelang es, die zeitlich wechselnde Bedeutung dieser Inokulumquellen zu bewerten.

Die Ergebnisse der mikroskopischen Fruchtkörperuntersuchungen (Abb. 2) an jeweils mindestens 30 Fruchtkörpern pro Variante und Woche sind für die vier Versuchsjahre in Abb. 3 dargestellt. Die Ergebnisse aus den einzelnen Versuchsjahren zeigen Übereinstimmungen. Mumien im und auf dem Boden entwickelten bevorzugt Perithezium, deren Ascosporen bereits zur Zeit des Austriebs ausgereift waren und ausgeschleudert wurden. Undifferenzierte Entwicklungsstadien und Vorstufen der Fruchtkörper wurden in diesem Material nur zu Beginn der Untersuchungen gefunden. Bereits Anfang bis Mitte Mai waren die Mumien im Bo-

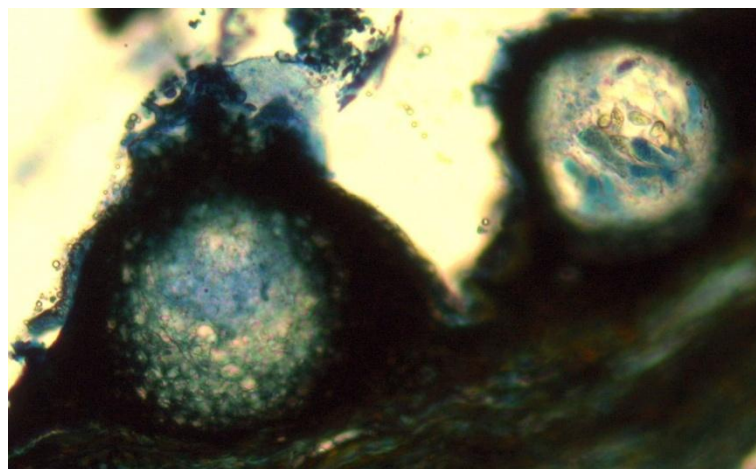


Abb. 2: Schnitt durch eine Beerenmumie mit Fruchtkörpern von *G. bidwellii*. (links Pyknidium; rechts Perithezium)

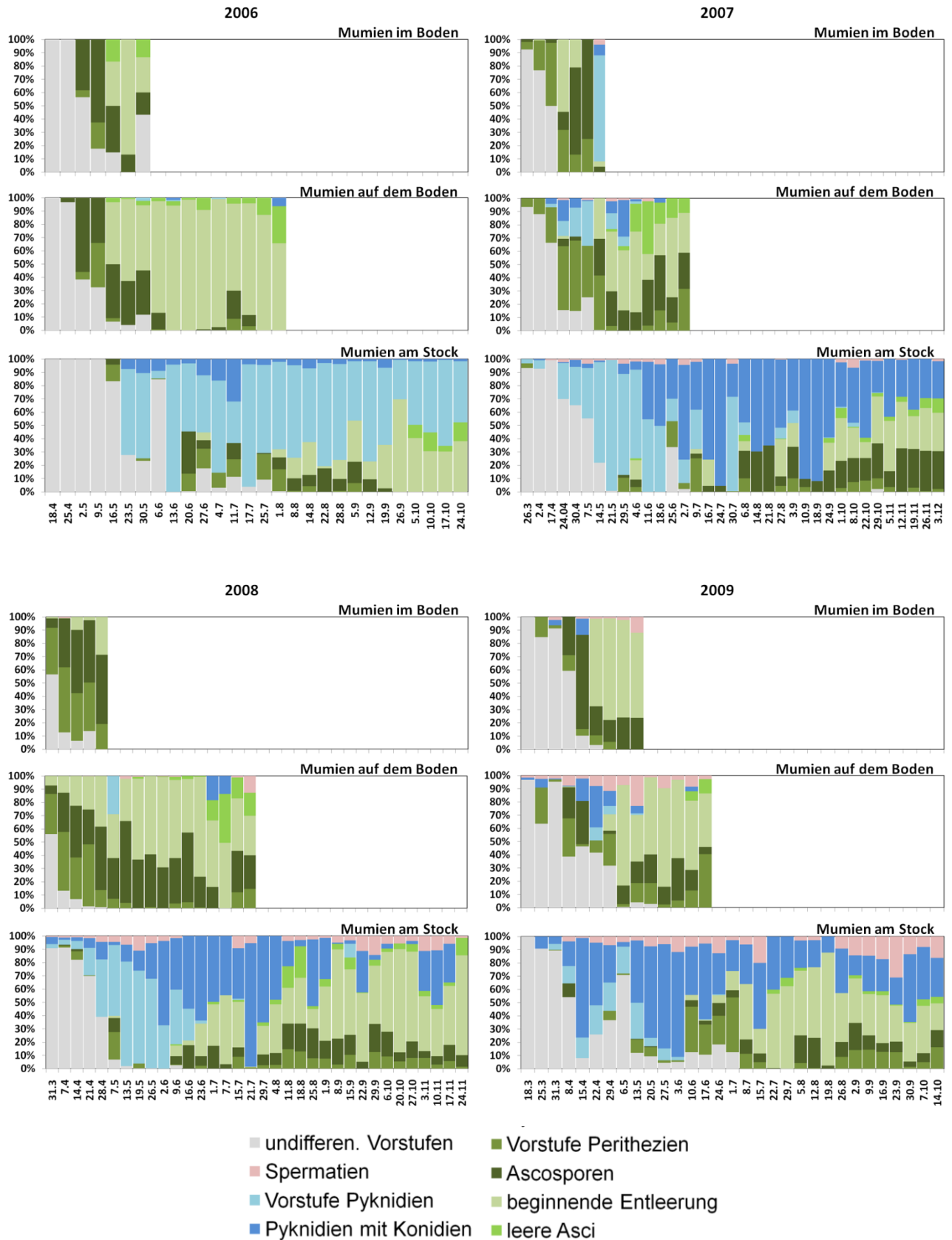


Abb. 3: Entwicklung der Fruchtkörper und Sporen von *G. bidwellii* an Mumien, die am Stock hingen, auf dem Boden lagen bzw. im Boden vergraben waren in den Jahren 2006 bis 2009.

den soweit zersetzt, dass keine weiteren Untersuchungen möglich waren. Mumien am Boden waren noch bis Mitte bis Ende Juni intakt und enthielten ausschleuderungsreife Ascosporen. Dem gegenüber war die Entwicklung der Mumien, die sich in höheren Positionen der Laubwand befanden, verzögert. Über längere Zeiträume bis weit in die Vegetationsperiode hinein wurden noch undifferenziert Stadien gefunden. Auf diesen Mumien bildeten sich zunächst zu einem hohen Anteil Pyknidien mit Konidien. Die sich später entwickelnden Perithezien blieben bis in den September hinein intakt und fähig zur Ausschleuderung von Ascosporen. Zwischen den beiden Versuchsstandorten (Steillage; Flachlage) mit unterschiedlichen Böden (Schieferverwitterungsboden; lehmiger Boden) wurden hinsichtlich dieser Entwicklungsabläufe keine Unterschiede festgestellt.

Während der Vegetationsperiode waren Quantität und Art der Fruchtkörper bzw. der Verbreitungseinheiten der Schwarzfäule abhängig von der Exposition der Traubenumumien (Abb. 4). Unter Praxisbedingungen ist davon auszugehen, dass in Ertragsanlagen überwiegend Bodenmumien zu finden sind, die frühzeitig über größere Entfernungen verfrachtbare, als Primärinokulum dienende Ascosporen bilden. Wie bedeutsam dieses Inokulum im Vergleich zu holz- bzw. laubwandbürtigen Infektionen ist, lässt sich schwer abschätzen. Die Versuche zur Entfernung von Bodenmumien aus Rebanlagen (Abschnitt 3.3.1.2) deuten darauf hin, dass den Bodenmumien auf den untersuchten Flächen eine untergeordnete Rolle zukam. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass in Steillagen mit sehr geringer biologischer Aktivität auf der Bodenoberfläche - aufgrund einer geschlossenen Steinauflage ohne nennenswerte Vegetation - die Fruchtkörperentwicklung ähnlich verlaufen könnte wie an Stockmumien, und Ascosporen bei entsprechenden Windverhältnissen auch vom Boden aufgewirbelt werden können. Auch der Rote Brenner (*Pseudopeziza tracheiphila*) ist besonders dort ein Problem, wo das vorjährige Reblaub, an dem sich Fruchtkörper des Pilzes bilden, aufgrund einer geringen biologischen Aktivität des Oberbodens nicht verrottet.

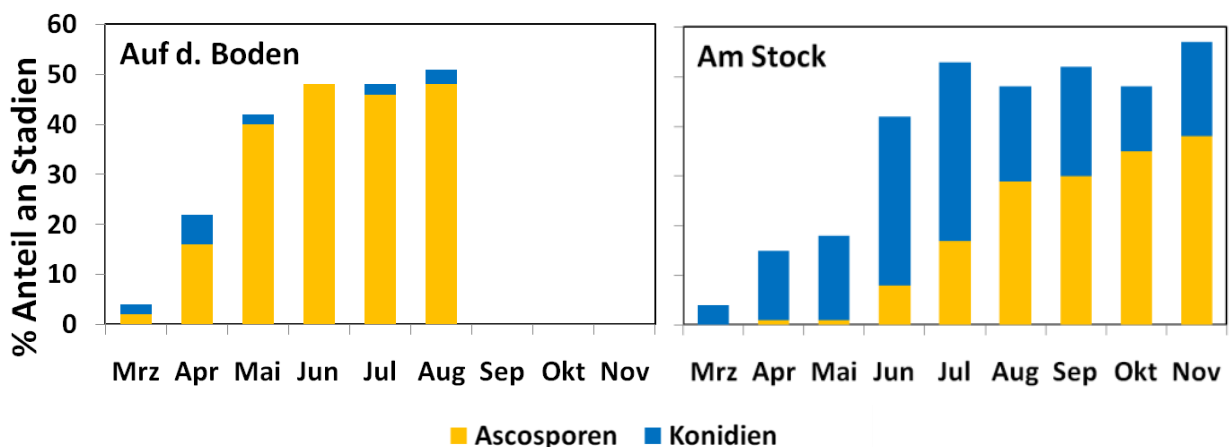


Abb. 4: Anteil von Ascosporen und Konidien an den Entwicklungsstadien der Fruchtkörper auf Mumien am Boden und am Rebstock im Lauf der Vegetationsperiode. Daten der vier Untersuchungsjahre zusammengefasst.

An Stockmumien bildet der Schwarzfäule-Erreger zunächst bevorzugt Pyknidien, deren Konidiosporen durch Tropfwasser auf darunterliegende Reblätter gelangen und diese infizieren können. Zur spezifischen Anpassungsstrategie des Pilzes gehört es offenbar, dass tropfwasserverbreitete Konidien, die vor allem eine Ausbreitung des Erregers auf dem Wirt von oben nach unten ermöglichen, bei Bodenmumien kaum gebildet werden. Da Stockmumien hauptsächlich in nichtbewirtschafteten Arealen zu finden sind, spielt diese Infektionsmöglichkeit für Ertragsanlagen eine geringe Rolle. Dagegen stellen die Ascosporen der ab

Juni an Stockmumien vorhandenen Perithezien ein über die gesamte weitere Vegetationsperiode vorhandenes Inokulumpotential dar, da sie unter geeigneten Bedingungen auch in Ertragsanlagen verfrachtet werden können. Dieser Sporenflug wird im nachfolgenden Abschnitt diskutiert.

Um eine Vorstellung über die Anzahl der pro Fruchtmumie gebildeten Ascosporen zu erhalten, wurden Fruchtmumien zunächst im Labor inkubiert mit dem Ziel, die Reifung der Ascosporen herbeizuführen. Die Fruchtmumien wurden dann mit Vaseline unter die Deckel von Petrischalen geklebt, und die ausgeschleuderten Ascosporen wurden gezählt. Dabei schwankte die Anzahl der gezählten Ascosporen zwischen 1×10^4 bis 3×10^6 . Da ein Teil der Mumienoberfläche in der Vaseline steckte, dürfte die Gesamtzahl der Ascosporen als ca. doppelt so hoch anzunehmen sein. Die ermittelten Zahlen sind in guter Übereinstimmung mit Hoffmann et al. (2004), die bis zu $1,6 \times 10^5$ Ascosporen pro Mumie feststellten.

3.1.3. Dynamik des Sporenflugs

Im Gegensatz zu Konidien, die eher kleinräumig innerhalb der Vegetation durch Tropfwasser auf anfälliges Gewebe gelangen können, stellen Ascosporen ein Inokulum des Schwarzfäulepilzes dar, das auch über größere Distanzen verbreitet werden kann. Um quantitative Daten über das Auftreten von Ascosporen in Zusammenhang mit Witterungsparametern zu erhalten, wurden Sporenfallen eingesetzt. Zwei unterschiedliche Aspekte wurden dabei berücksichtigt: a) In Drieschen verbleiben Traubenmumien an den Rebstöcken. Auf ihnen werden ab Juni vermehrt Ascosporen gebildet (Abb. 4). b) In bewirtschafteten Rebflächen werden Traubenmumien spätestens beim Rebschnitt von den Stöcken entfernt. Gegebenenfalls verbleiben sie aber auf dem Boden, wo sie zumindest zu Beginn der Vegetationsperiode ebenfalls Ascosporen abgeben können. Daher wurde je eine Sporenfalle in einer Driesche und einer benachbarten, bewirtschafteten Rebfläche installiert. Bewirtschaftungsänderungen erzwangen die Verlagerung der Sporenfallen nach der zweiten Vegetationsperiode von Pünderich nach Wolf. Durch die Drieschenrodungen in Pünderich musste die Untersuchung im Sommer 2007 vorzeitig beendet werden. Die mikroskopische Auswertung der Sporenfänge erwies sich als sehr zeitaufwendig. Da sich bereits in der ersten Vegetationsperiode Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen Niederschlägen und dem Flug der Ascosporen ergaben, wurden vorrangig die Melinex-Bänder der Sporenfallen für Tage mit Niederschlag aus

Tab. 12: Zusammenfassung der Ergebnisse der Sporenfänge.

		2006		2007		2008		2009	
Standort		Pünderich		Pünderich		Wolf		Wolf	
Fallenstandort		Driesche	Weinberg	Driesche	Weinberg	Driesche	Weinberg	Driesche	Weinberg
Erster Sporenfang		16. Mai	11. Mai	08. Mai	10. Mai	27. Mai	29. Mai	29. Apr	14. Mai
Gradtage ($T > 0$ °C) 1. Mrz bis Beginn Sporenflug		668	589	750	781	887	931	569	774
Ausgewertete Tage		69	59	54	38	70	59	72	66
Tage mit Sporenfang		44	42	27	12	32	17	26	10
Summe der Sporen		330	148	80	13	914	106	315	100
Sporen pro Tag	Maximum	50	23	12	2	220	41	70	32
	Mittelwert	6,2	3,1	2,7	1,1	27,8	6,2	12,5	11
	Std. Abweichung	8,1	3,7	2,5	0,3	46	10,4	19	11,1
	Standardfehler	1,2	0,6	0,5	0,1	8,1	2,5	4,3	3,9
	Median	4	2	2	1	9	2	5	5

gezählt. Aus Kapazitätsgründen wurde für regenfreie Perioden nur jeder zweite bis dritte Tag ausgewertet. Die Daten der Sporenfänge sind in Tab. 12 zusammengefasst. Die Abbildungen Abb. 5 und Abb. 6 geben eine Übersicht über die Fangergebnisse der einzelnen Vegetationsperioden in Zusammenhang mit Witterungsparametern.

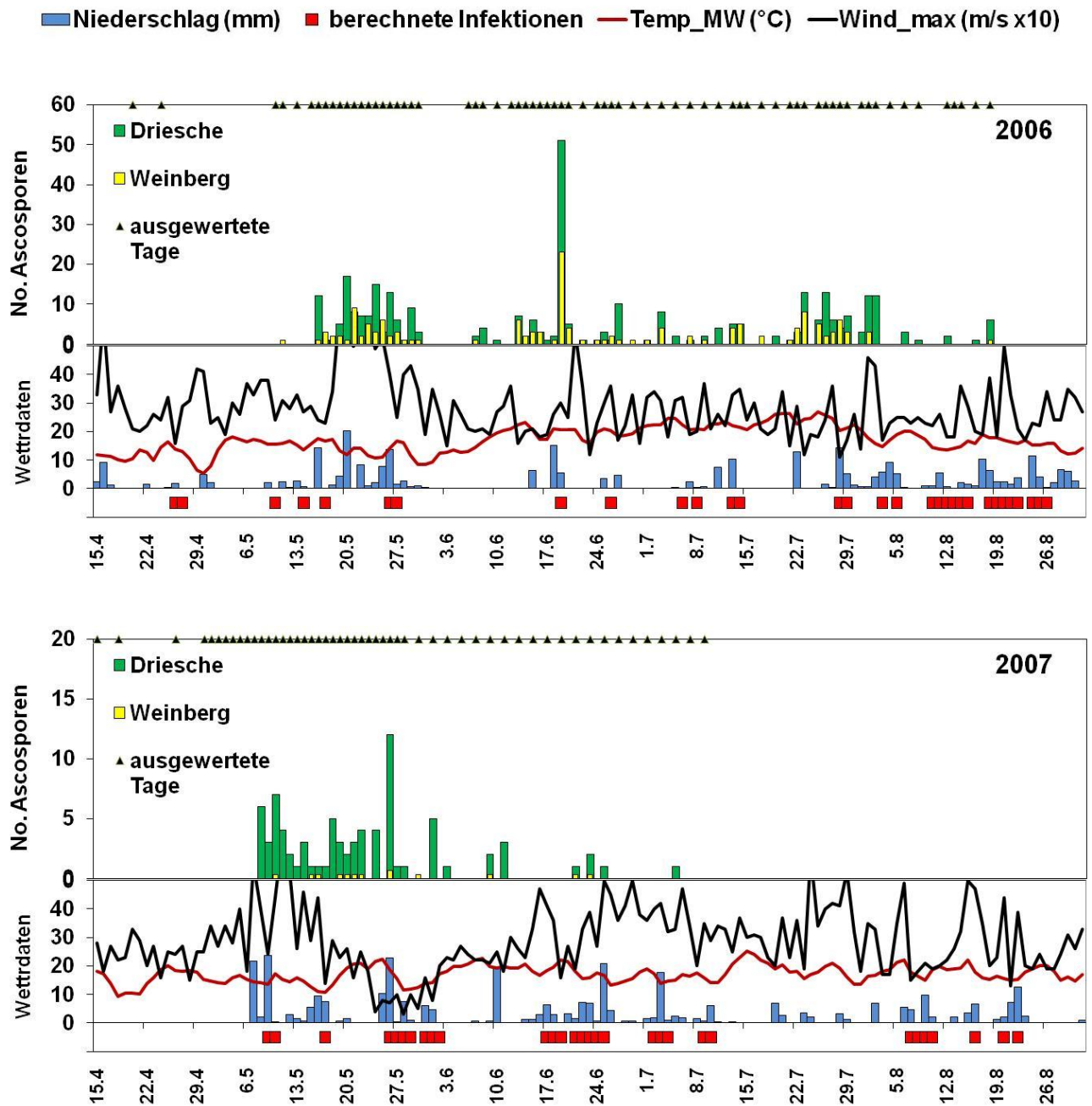


Abb. 5: Sporenfallefänge in Driesche und Weinberg sowie Witterungsdaten für die Jahre 2006 und 2007. Skala der Sporenzahlen in 2007 abweichend.

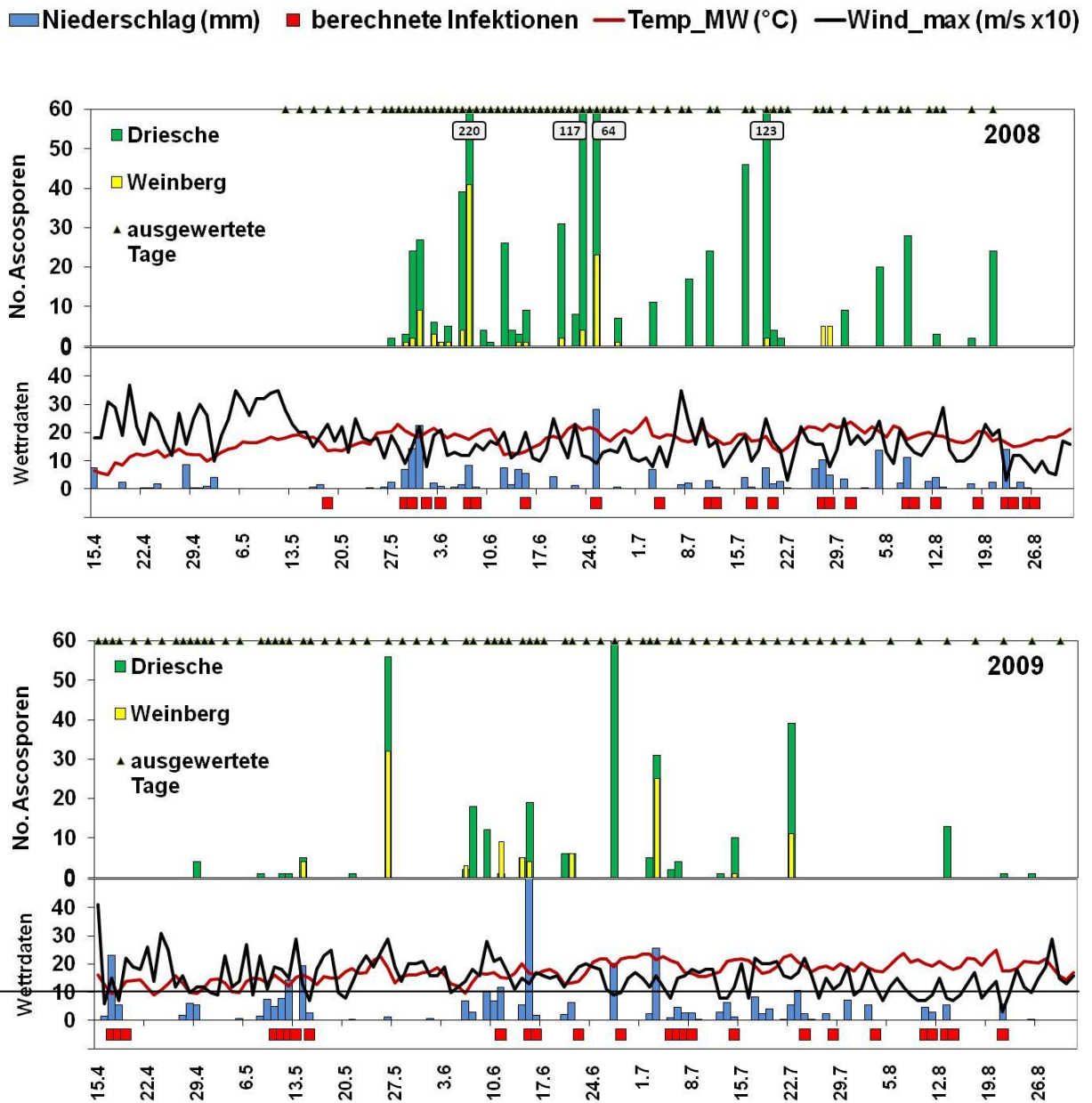


Abb. 6: Sporenfallenfänge in Driesche und Weinberg sowie Witterungsdaten für die Jahre 2008 und 2009.

Die ersten Ascosporen wurden sowohl in den Drieschen als auch in den Rebflächen jeweils Anfang bis Mitte Mai gefangen. Im Jahr 2008 konnten erste Sporenfänge erst Ende Mai erzielt werden. Die jährlichen Gesamtzahlen gefangener Sporen variierten zwischen 93 (2007) und 1020 (2008). Der besonders niedrige Wert im Jahr 2007 kann nur zum Teil auf den durch die Drieschenrodung notwendigen Abbruch der Versuche zurückgeführt werden, denn auch die Durchschnitts- bzw. Maximalwerte der Sporenfänge im Mai und Juni dieses Jahres waren deutlich niedriger als in den übrigen Versuchsjahren. Wahrscheinlicher erscheint ein Zusammenhang mit der extremen Trockenheit im April 2007. In diesem für die Fruchtkörperentwicklung wichtigen Monat fiel 2007 kein Niederschlag. In den Jahren 2006 und 2009 entsprachen die Niederschläge im April (36,2 mm bzw. 43,6 mm) in etwa dem langjährigen Durchschnitt (42,6 mm), während im April 2008 mit 71,2 mm fast das Doppelte des langjährigen Niederschlagsmittels zu verzeichnen war. Dass in diesem Jahr mehr als doppelt so viel Sporen als in den übrigen Jahren gefangen wurden, könnte auf die guten Entwicklungsbe-

dingungen im Frühjahr zurückzuführen sein, da sich 2008 auch bei den Fruchtkörperuntersuchungen eine besonders frühe Entwicklung und Reifung der Perithezien zeigte. Allerdings ist auch zu bedenken, dass die künstliche „Driesche“ am erstmals 2008 genutzten Fallensandort Wolf wahrscheinlich eine höhere Dichte an Traubenmumien aufwies als die alten Drieschen am Standort Pünderich. Vielerorts lässt sich beobachten, dass die Reben in alten Drieschen bedingt durch Peronospora-Befall und schlechte Wuchsbedingungen keine oder nur wenige Trauben tragen und somit von Rebanlagen, die erst kürzlich aus der Bewirtschaftung genommen wurden, eine höhere Infektionsgefahr ausgeht. In allen Versuchsjahren wurden auch Ascosporen in den in der Laubwand sicher und auf dem Boden augenscheinlich mumienfreien Rebflächen gefangen. Die Fangzahlen in Rebflächen waren jedoch stets signifikant geringer als in Drieschen (Abb. 7). Es ist davon auszugehen, dass sie durch den Wind aus den benachbarten verwilderten Flächen in die Rebanlagen verfrachtet wurden.

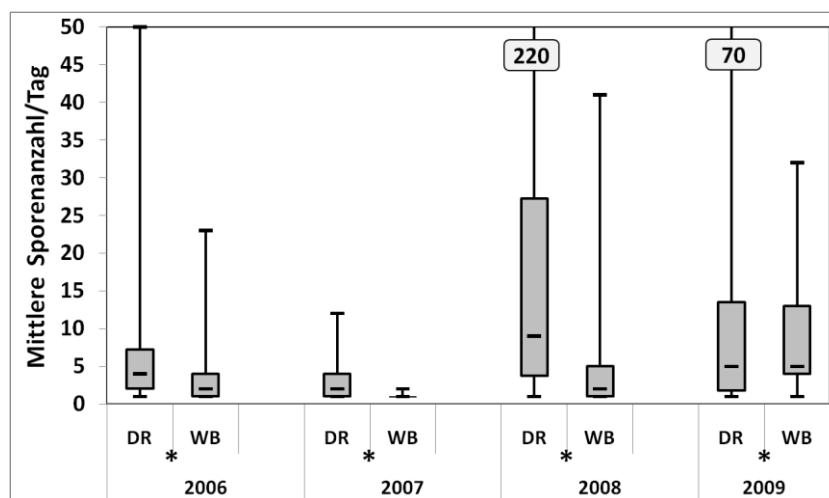


Abb. 7: Vergleichende Zusammenfassung der Sporenfänge in Drieschen (DR) und Rebflächen (WB) in den Jahren 2006 bis 2009 (* = signifikante Unterschiede zwischen Sporenfängen in Driesche und Weinberg, Wilcoxon-Vorzeichenrangtest, $p < 0,001$).

In allen Versuchsjahren wurden an einzelnen Tagen besonders hohe Sporenfänge verzeichnet, die im Gegensatz zur großen Häufigkeit geringer Fangzahlen standen. Dies äußert sich auch in Form hoher Standardabweichungen (Tab. 12) und einer hohen positiven Schiefe der Verteilung (7,4; Daten der Sporenfänge in Drieschen zusammengefasst) aller Fangdaten aus den Drieschen. In den seltenen Phasen mit hoher Sporendichte könnte sich in Verbindung mit starkem Wind ein hoher und flächendeckender Infektionsdruck auf den Rebflächen entwickeln. Die ermittelten Sporenzahlen zeigten allerdings keine signifikante Beziehung zur Windgeschwindigkeit, während ein signifikanter Zusammenhang zwischen Sporenzahlen und Niederschlagsintensität beobachtet wurde (Abb. 8). Dagegen korrelierte der ermittelte Sporenflug nicht mit den nach Spotts (1977) berechneten Infektionsbedingungen. Die Ascosporen werden bei günstigen Feuchtebedingungen offenbar unabhängig von den Infektionsbedingungen ausgestoßen.

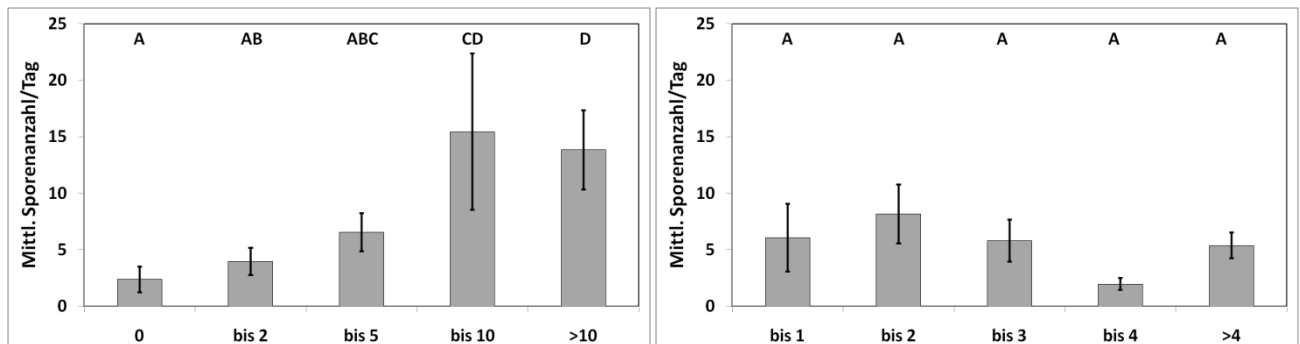


Abb. 8: Zusammenhang zwischen der Höhe der Sporenfänge von *G. bidwellii* mit Niederschlagsintensität und der maximalen Windgeschwindigkeit (Fehlerbalken: Standardfehler des MW).

3.1.4. Infektion von Blättern und Trauben

3.1.4.1. Sporenkeimung, Appressorienbildung, Myzelwachstum

Kenntnisse über die Biologie eines Schaderregers sind für die Erarbeitung effektiver Präventions- und Bekämpfungsmaßnahmen eine unabdingbare Voraussetzung. Daher wurde der Lebenszyklus von *G. bidwellii* an der anfälligen Rebsorte ‚Riesling‘ mit Hilfe histologisch-mikroskopischer Methoden verfolgt, wobei besonderes Augenmerk auf den Infektionsprozess und das Hyphenwachstum gelegt wurde.

Unterschiede des Infektionsvorgangs bei Ascosporen und Konidien wurden nicht beobachtet. Zwei Tage nach der Inokulation waren die Sporen mit Keimschläuchen ausgekeimt, an deren Spitze sich Appressorien gebildet hatten (Abb. 9c,d). Die Appressorien wurden bevorzugt über den antiklinalen Wänden der Epidermiszellen gebildet. Sowohl bei der Keimung als auch bei der Appressorienbildung wurde kein deutlicher Einfluss des Blattalters beobachtet. Aus den Appressorien gingen ein bis zwei Infektionshyphen hervor, die die Cuticula durchdrangen, zwischen Cuticula und epidermalen Zellwänden weiter wuchsen, sich verzweigten, anastomisierten und ein dichtes Netz subcuticulärer Hyphen ausbildeten. Dabei war das Wachstum strikt auf die Bereiche über den antiklinalen Wänden der Epidermiszellen begrenzt (Abb. 10). Hinsichtlich Infektionsprozess und Ausbreitung des Pilzes konnten keine Unterschiede nach Inokulation der Blattoberseite und der Blattunterseite festgestellt werden.

Die typischen Krankheitssymptome, Nekrosen mit Pyknidien, traten ca. zwei Wochen nach der Inokulation auf. Der stärkste Befall war auf den jungen Blättern (Position 2 und 3) zu verzeichnen. Die ganz jungen Blätter (Position 1; zum Zeitpunkt der Inokulation kaum entfaltet) sowie die Blätter ab Position 5 (altersresistent) blieben nahezu befallsfrei.

Subcuticuläre Hyphennetze entwickelten sich in der beschriebenen Weise nur in jungen Blättern. In voll entfaltenen, altersresistenten Blättern verzweigte sich der Pilz nach dem Durchwachsen der Cuticula nur wenig und stellte schnell sein Wachstum ein. In einigen Proben aus Blättern mittleren Alters waren gut ausgebildete Hyphennetze vorhanden, während andere die für die Altersresistenz typischen kleinen Pilzkolonien enthielten. Es ist bekannt, dass bei vielen dikotylen Pflanzen die Blattgewebssegmente im Bereich des Blattgrundes physiologisch älter sind als die im Bereich der Blattmitte und der Blattspitze. Die beobachtete Variabilität des Pilzwachstums in den verschiedenen Proben könnte auf dieses unterschiedliche physiologische Alter zurückzuführen sein. Von den für die Mikroskopie der Ganzpräparate

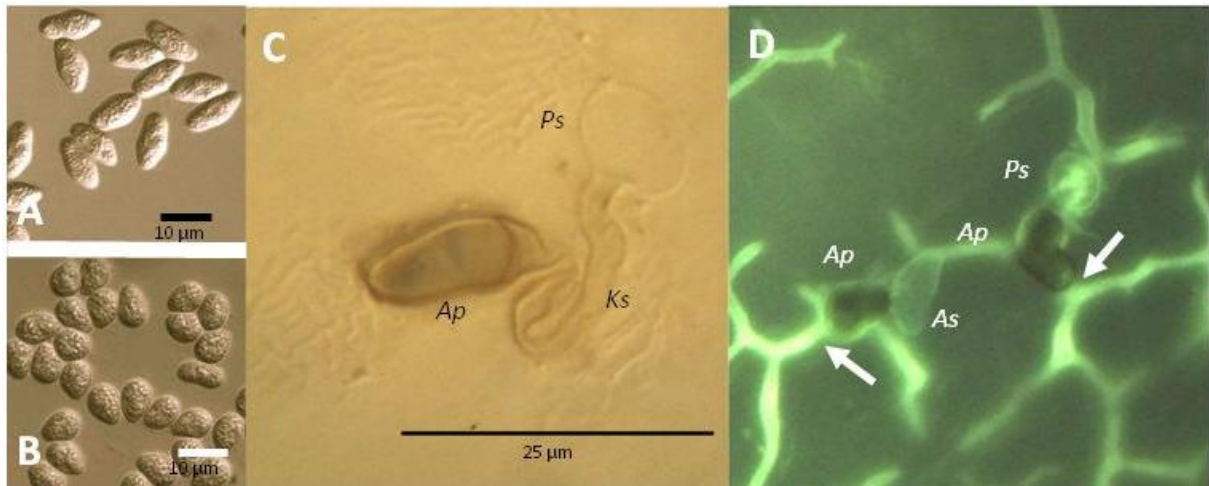


Abb. 9: Infektionsprozess. A Ascosporen; B. Pycnosporen; C. Pycnospore (Ps) mit Keimschlauch (Ks) und Appressorium (Ap); D. Gekeimte Askospore (As) und Pycnospore (Ps) mit Appressorien (Ap), aus denen subcuticuläre, verzweigte Hyphen (Pfeile) hervorgegangen sind.

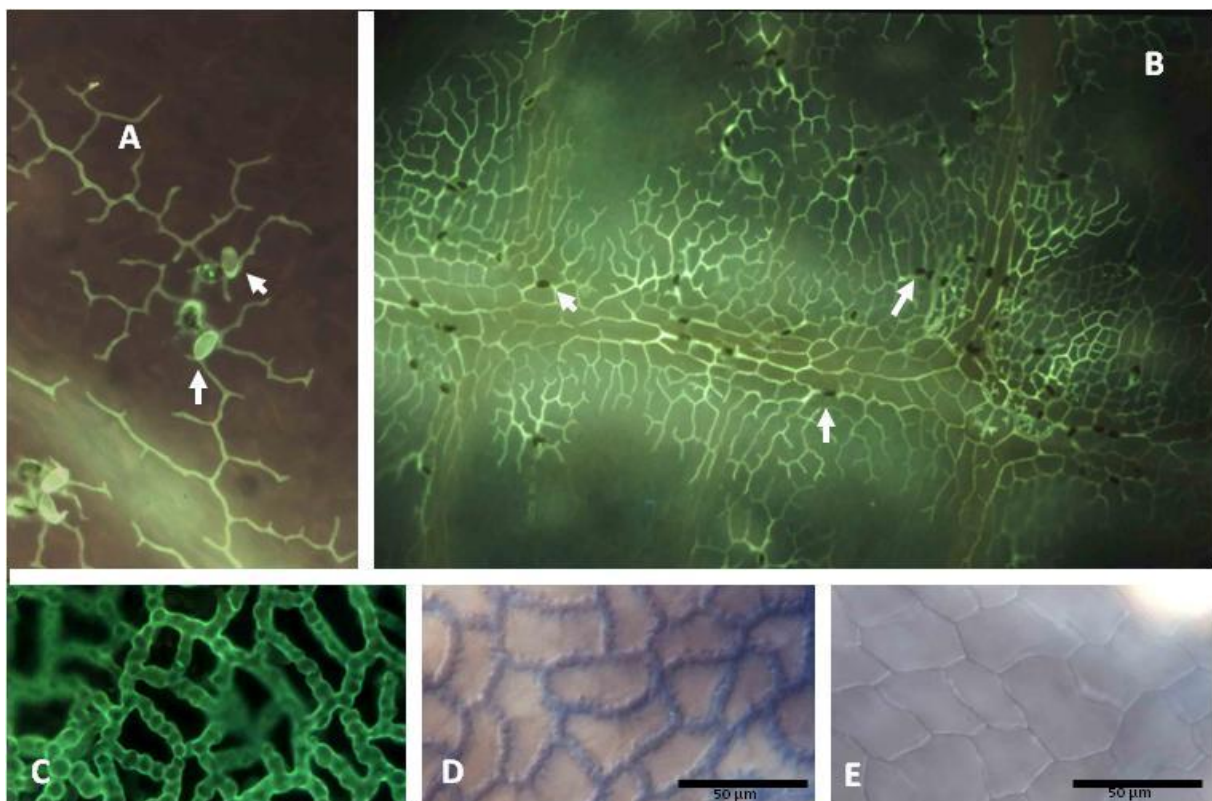


Abb. 10: Ausbildung der Hyphennetze. A. Zwei Infektionsstellen (Pfeile) mit beginnender Myzelbildung (Aufnahme 3 dpi); B. Entstehung eines dichten Hyphennetzes (7 dpi). Die Appressorien sind als braune Punkte sichtbar (Pfeile); C. u. D. Detailaufnahmen von Hyphennetzen; E. Gesunde Epidermiszellen.

verwendeten Farbstoffen und Färbeverfahren ist für die Untersuchung der Infektionsstrukturen auf der Blattoberfläche aufgrund der Schnelligkeit der Methode insbesondere die Fluoreszenzmikroskopie mit Calcofluor und Blankophor zu empfehlen. Für die Mikroskopie der subcuticulären Hyphen erwies sich die Fluoreszenzmikroskopie nach Anfärbung mit Anilin-Blau als am besten geeignet. Hierbei zeigten die Hyphen eine starke gelbe Fluoreszenz, die gut mit dem Blattgewebe kontrastierte. Gute Ergebnisse wurden auch mit der Durchlichtmikroskopie nach Anfärbung der Totalpräparate mit Trypan-Blau erzielt.

3.1.4.2. Versuche zum Einfluss der inokulierten Blattseite auf den Befall

In vorherigen Versuchen war der Eindruck entstanden, dass sich der Pilz besser im Gewebe entwickelt und die Pflanze stärker befallen wird, wenn die Inokulation auf der Blattunterseite erfolgt. Zur Überprüfung dieser Hypothese wurden Topfreben parallel auf der Blattunter- und oberseite inokuliert. Die mikroskopische Untersuchung der Parameter %Sporenceimung, % Appressorien mit Infektionshyphen und Hyphennetze pro Blattscheibchen sowie auch die makroskopische Befallsbonitur erbrachten keinen Hinweis darauf, dass der Pilz sich nach Inokulation der Blattunterseite besser in der Pflanze entwickeln kann (Abb. 11).

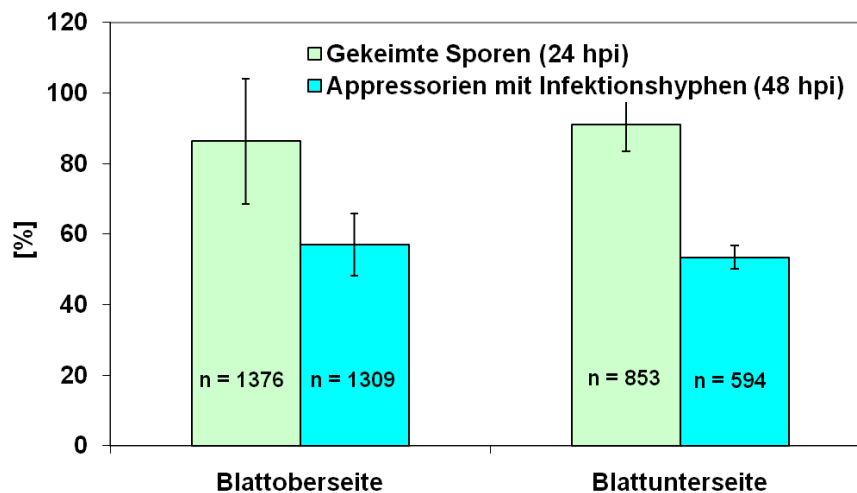


Abb. 11: Bildung der Infektionsstrukturen des Schwarzfäulepilzes nach Inokulation der Blattober- oder -unterseite

3.1.4.3. Länge der Inkubationszeit in Abhängigkeit von der Temperatur

Der grundsätzliche Zusammenhang zwischen Inkubationszeit und Temperatur wurde bereits von SPOTTS (1980) beschrieben. Aufgrund der Bedeutung dieses Phänomens auch für die Terminierung von Pflanzenschutzmaßnahmen war es notwendig, diese Beziehung unter den in Deutschland herrschenden Bedingungen zu untersuchen bzw. zu verifizieren. Hierfür wurden Blätter an Topfreben bzw. Trauben an Freilandreben der Sorte ‚Müller-Thurgau‘ inokuliert, die mittlere Temperatur zwischen Inokulation und dem Auftreten erster Symptome berechnet und in Beziehung zur Länge der Inkubationszeit gebracht.

Im Jahr 2007 variierte die Inkubationszeit während der Vegetationsperiode zwischen 12 (Inokulation am 4.6.) und 34 (24.9.) Tagen (Abb. 12). Im Jahr 2008 dauerte die Phase zwischen 12 (6.7.) und 38 Tagen (31.3). Es zeigte sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Temperatur während der Inkubationszeit und ihrer Länge (Abb. 13). Bei den Pflanzen des Inokulationstermins mit der niedrigsten Temperatur (24.09.2007) in der Folgezeit war die Zeitspanne bis zum Auftreten der Symptome am längsten (34 Tage). Hingegen wurde mit

zwölf Tagen die kürzeste Inkubationszeit in Verbindung mit den höchsten Temperaturen festgestellt. Ein quadratisches Modell ergab die beste Anpassung an den beobachteten Zusammenhang.

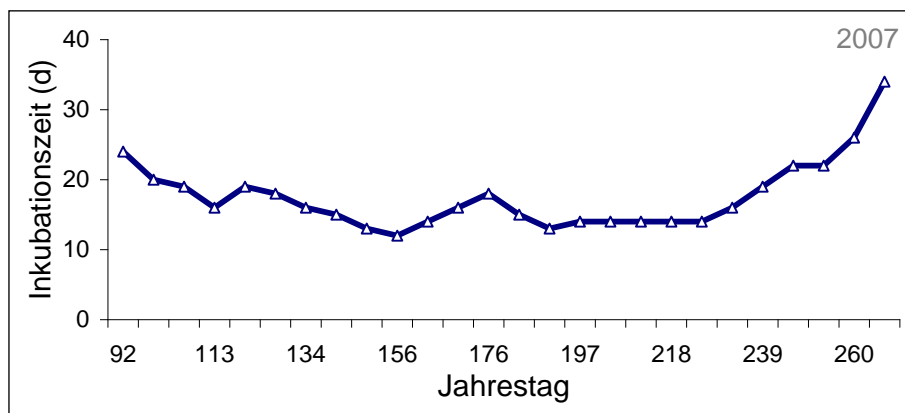


Abb. 12: Inkubationszeit an Topfrebenblättern unter Freilandbedingungen im Jahre 2007 in Abhängigkeit vom Jahrestag der Inokulation. Rebsorte: Müller-Thurgau.

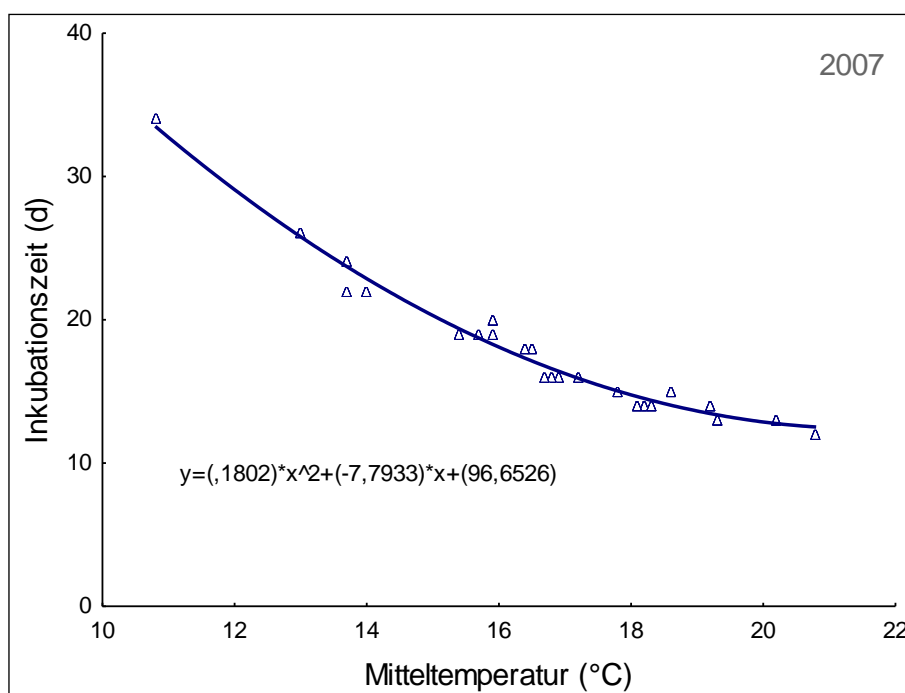


Abb. 13: Einfluss der Mitteltemperaturen während der Inkubationszeit auf die Inkubationszeitlänge an Topfrebenblättern unter Freilandbedingungen im Jahre 2007. Rebsorte: Müller-Thurgau.

Auf Basis der Parameterschätzung konnte folgende Gleichung zur Beschreibung des Zusammenhangs zwischen der Durchschnittstemperatur in der Inkubationszeit (T_{mw} [°C]) und der Inkubationszeit (t_{ink} [d]) abgeleitet werden:

$$t_{ink} = 0,18 T_{mw}^2 - 7,79 T_{mw} + 96,65$$

Ausgehend von dieser Beobachtung wurde vom Projektpartner FAG in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Wetterdienst - Abteilung Agrarmeteorologie, Außenstelle Geisenheim - ein Temperatursummenmodell für die Abschätzung der Inkubationsdauer entwickelt. Dieses

Modell summiert Tagesmitteltemperaturen zwischen 6 °C und 24 °C, bei höheren Temperaturen gehen konstant 18 °C in die Rechnung ein. Der Temperatursummschwellenwert (TS_{Blatt}) für das Erscheinen von Blattsymptomen wurde mit 177,7 Gradtagen bestimmt. In der Praxis ist bei 175 Gradtagen nach der Infektion mit ersten Blattsymptomen zu rechnen. Bei durchschnittlichen Witterungsbedingungen in den deutschen Weinbaugebieten sind somit Inkubationszeiten von 10 bis 15 Tagen zu erwarten.

Wie die unter 3.1.4.5 ausgeführten Versuche zeigten, ist bei Beeren neben der Temperatur auch der Entwicklungsstand für die Länge der Inkubationszeit von Bedeutung. Daher musste das Temperatursummenmodell für Beeren überprüft und angepasst werden. Die Inkubationszeit an Beeren entsprach in den Jahren 2006 und 2007 in der Phase unmittelbar nach der Blüte der Inkubationszeit an Blättern. Ab ca. dem Stadium Traubenschluss (BBCH 77-79) verlängerte sich diese jedoch mit fortschreitender Reife kontinuierlich. Späte Beereninfektionen kurz vor Reifebeginn zeigten eine nahezu doppelt so lange Inkubationszeit als aufgrund der Temperaturverhältnisse zu erwarten war (Abb. 14). Zur Bestimmung des Temperatursummschwellenwertes für Beeren musste daher ein Korrekturfaktor für deren Entwicklungszustand eingeführt werden, der aus der Temperatursumme ($>10^\circ\text{C}$) nach dem Entwicklungsstadium BBCH 68 berechnet wird. Er beträgt bis zum Traubenschluss 1 bis 1,1 und steigt danach bis auf ca. das Doppelte an.

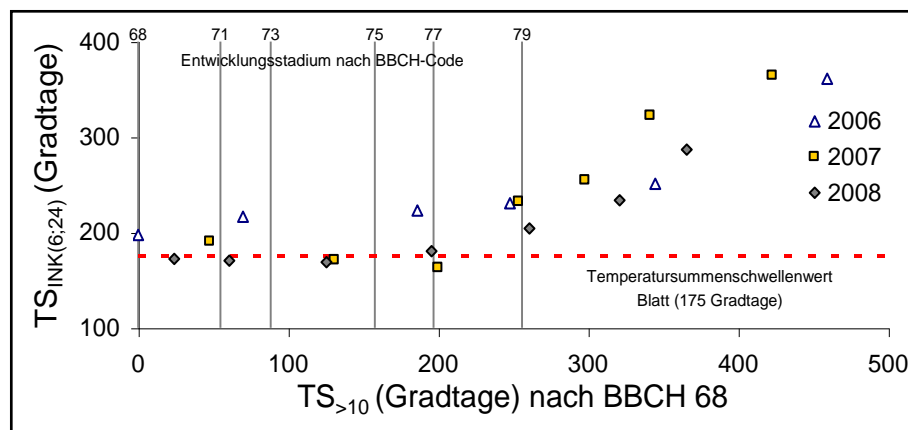


Abb. 14: Abhängigkeit der für die Inkubationszeit der Schwarzfäule notwendigen Temperatursumme vom Entwicklungsstadium der Beeren bei der Inokulation (dargestellt als Temperatursumme ($>10^\circ\text{C}$) ab BBCH 68).

3.1.4.4. Einfluss der Blattnässedauer auf die Infektionswahrscheinlichkeit

G. bidwellii benötigt für eine erfolgreiche Infektion eine Nässephase, deren Mindestlänge von der Temperatur abhängt. Ziel der Untersuchungen war es, diese benötigten Mindest-Blattnässephasen zu ermitteln, um anhand von Temperatur- und Blattnässeaufzeichnungen Aussagen über das Auftreten von Infektionsereignissen treffen zu können.

Auf Blattscheiben wurde sowohl die Konidienkeimung als auch die Appressorienbildung neben der Temperatur auch von der Blattnässedauer beeinflusst. Im Temperaturbereich von 10 bis 30 °C war die Keimungsrate positiv mit der Nässedauer korreliert. Bei einer Nässephase von 24 h keimten bei 10 °C nur 19 %, bei 30 °C jedoch 88 % der Konidien aus. Die höchste Appressorienbildungsrate wurde bei 30 °C und 24 h Blattnässe beobachtet.

An inokulierten Blättern von Topfreben wurde der Einfluss von Temperatur und Blattnässe auf die Befallsstärke untersucht (Abb. 15). Erste Infektionen wurden in Abhängigkeit von der Temperatur nach sechs ($T > 20^\circ\text{C}$) bis 16 (10°C) Stunden festgestellt. Mit der Dauer der Nässephase nahm auch die Befallsstärke zu. Bis zu einem optimalen Temperaturbereich von 20 bis 25°C führte eine Erhöhung der Temperatur bei allen Nässezeiten zu einer Zunahme der Befallsstärke. Bei höheren Temperaturen nahm die Befallsstärke wieder ab.

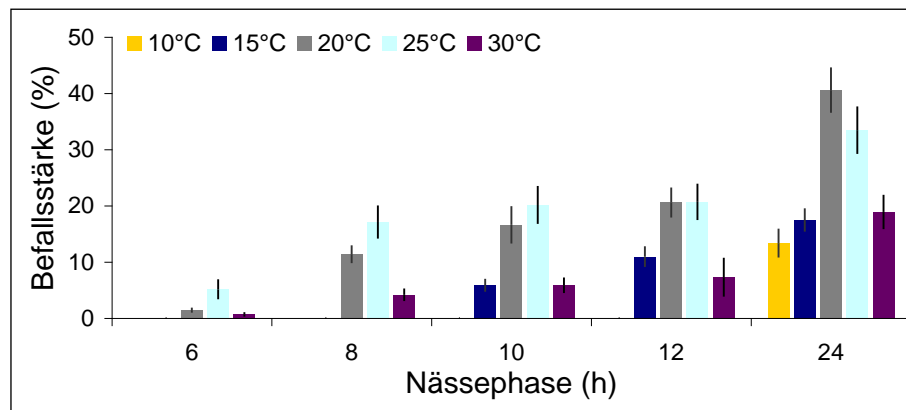


Abb. 15: Befallsstärken an Topfrebenblättern in Abhängigkeit von der Länge der Nässephase und der Temperatur. Rebsorte: Riesling. Fehlerbalken=+/-Standardfehler

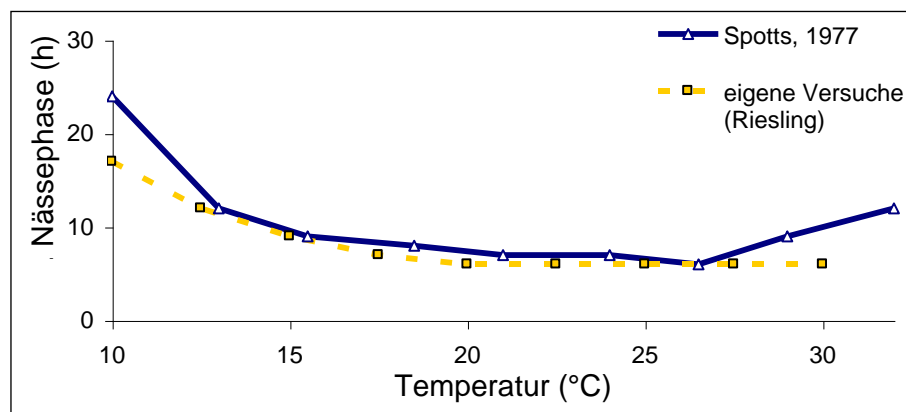


Abb. 16: Darstellung der für die Rebsorte ‚Riesling‘ ermittelten Infektionsbedingungen und Vergleich mit den von Spotts (1977) für nicht-vinifera Sorten publizierten Werten.

Die für eine erfolgreiche Infektion am Blatt (*Vitis vinifera* cv. ‚Riesling‘) benötigte Nässephase (Schwellenwert) ist abhängig von der Temperatur (Abb. 16). Bei Temperaturen über 20°C reichen sechs Stunden Blattnässe für eine Infektion aus, bei 10°C sind 16 Stunden nötig. Diese Beobachtungen decken sich weitestgehend mit den Ergebnissen, die Spotts (1977) an amerikanischen nicht-*vinifera* Rebsorten und Hybriden erzielte (Abb. 16). Werden die Schwellenwerte gerade erreicht, ist die resultierende Befallsstärke gering, mit der Verlängerung der Nässephase steigt sie jedoch deutlich an. Die höchsten Befallsstärken bei konstanter Nässephase wurden zwischen 20°C und 25°C erreicht. Sowohl bei niedrigeren als auch bei höheren Temperaturen nimmt der Befall ab (s. auch Abb. 15).

An Beeren nahm die Befallsstärke mit der Länge der Blattnässe kontinuierlich zu. Die für eine Infektion notwendige minimale Nässephase wurde jedoch vom Entwicklungsstadium der Beeren beeinflusst (Abb. 17). Sie variierte zwischen 9 h (drei Wochen nach BBCH 68, abgehende Blüte) und 24 h (eine Woche nach BBCH 68).

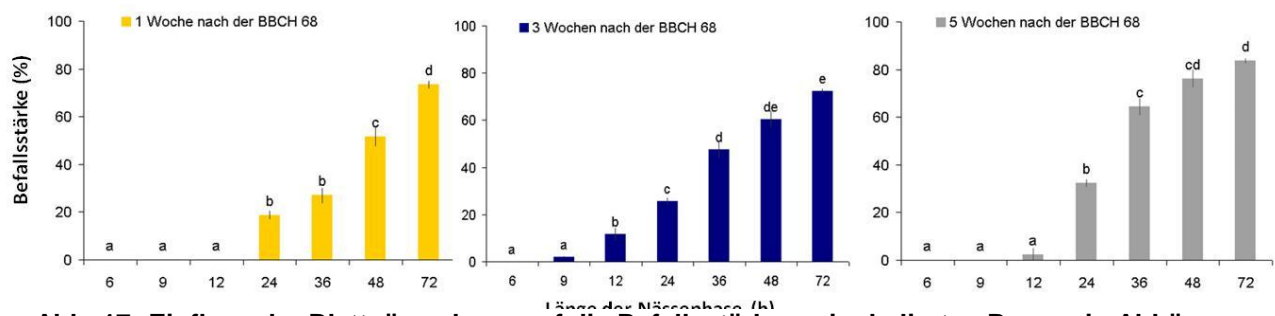


Abb. 17: Einfluss der Blattnässedauer auf die Befallsstärke an inokulierten Beeren in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Inokulation.

3.1.4.5. Anfälligkeit der Beeren in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium

Besonders der Beerenbefall durch *G. bidwellii* stellt eine Gefahr für Ertrag und Weinqualität dar. Daher ist es für die Planung eventueller Bekämpfungsmaßnahmen bedeutsam, in welchen Entwicklungsstadien die jungen Beeren besonders anfällig für eine Infektion sind. Um diese besonders empfindlichen Phasen zu definieren, wurden in den Jahren 2006 bis 2008 wöchentlich Beeren künstlich inokuliert. Anhand des auftretenden Befalls sollen Rückschlüsse auf die relative Empfindlichkeit in Abhängigkeit von der phänologischen Entwicklung gezogen werden.

Die Inkubationszeit an Beeren betrug im Jahr 2006 bis drei Wochen nach der Blüte konstant 13 Tage und stieg erst bei einer Inokulation fünf Wochen nach der Blüte deutlich auf 29 Tage an. Auch im Jahre 2007 war eine Inkubationszeit von 13 Tagen bis zwei Wochen nach der Blüte zu verzeichnen. Danach stieg diese jedoch kontinuierlich bis auf 29 Tage bei einer Inokulation sieben Wochen nach der Blüte an.

Der Zeitpunkt der Inokulation in Relation zum Entwicklungsstadium hatte einen signifikanten Einfluss auf die Befallsstärke (Abb. 18). Als Beispiele sind die Daten aus 2006 und 2008 abgebildet (Abb. 19), die bezüglich der Anfälligkeit der Beeren zu Beginn und am Ende der Versuchsphase die Extreme darstellen. Die Inokulationen eine Woche vor bzw. sechs, sieben und acht Wochen nach BBCH 68 hatten im Jahr 2006 keine sichtbaren Symptome zur Folge. Dagegen führten die Inokulationen im Jahr 2008 schon vor der abgehenden Blüte bis zu sechs Wochen nach BBCH68 zu Befall. Besonders auffällig war die hohe Befallsstärke nach Inokulation vor BBCH 68 und der starke Befall noch fünf Wochen nach diesem Stadium, der in den übrigen Jahren nicht zu beobachten war. In diesen Jahren nahm der Befall ab den Inokulationsterminen ein bis drei Wochen nach der abgehenden Blüte kontinuierlich ab.

Erfolgreiche Infektionen wurden bei Inokulation von der abgehenden Blüte bis fünf Wochen danach festgestellt. Die höchsten Befallswerte waren bei Inokulationen ein bis drei Wochen nach der abgehenden Blüte zu verzeichnen. Die Phase höchster Anfälligkeit liegt zwischen den Entwicklungsstadien BBCH 71 und 77-79 (Abb. 20) und ist damit im Vergleich zu anderen pilzlichen Schaderregern der Rebe relativ lang. Infektionen der Blütenköppchen im Vorblüte-Bereich sind selten. Jedoch können Infektionen der Blütenstiele zu einer Reduktion der Beerenzahl führen und Ausgangspunkte für weitere Infektionen in der empfindlichen Nachblüte-Phase darstellen.

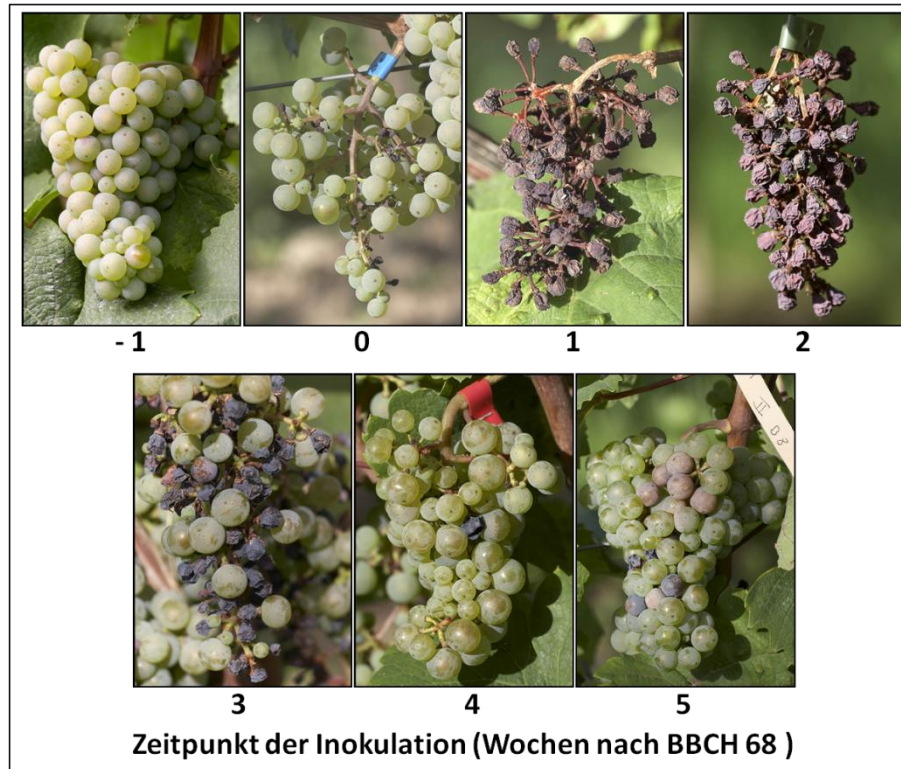


Abb. 18: Einfluss des Inokulationstermins in Relation zum Entwicklungsstadium abgehende Blüte auf die Befallsstärke an Riesling-Trauben. Beispiele aus dem Jahr 2006.

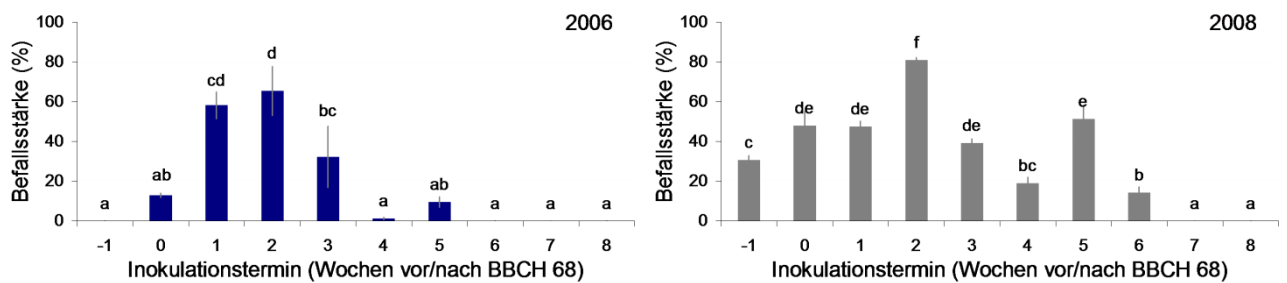


Abb. 19: Befallsstärken an Beeren in Abhängigkeit vom Inokulationstermin

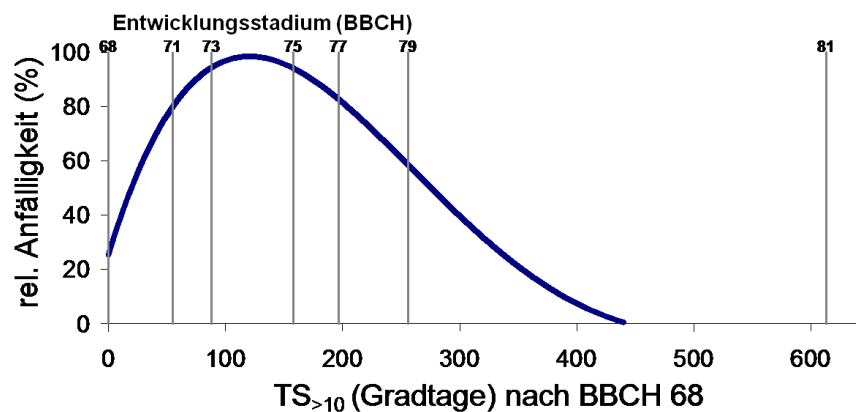


Abb. 20: Relative Anfälligkeit von Riesling-Beeren für die Infektion durch den Erreger der Schwarzfäule in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium.

3.2. Untersuchungen zur Anfälligkeit traditioneller und pilzwiderstandsfähiger Rebsorten für die Schwarzfäule

In vielen landwirtschaftlichen Kulturen ist der Anbau resistenter Sorten ein wichtiges Element integrierter und ökologischer Anbauverfahren. Im Weinbau bieten sich sogenannte ‚pilzwiderstandsfähige Rebsorten‘ (PIWI) für den Anbau an, da einige über zum Teil sehr gute Resistenzeigenschaften gegenüber dem Echten und Falschen Mehltau verfügen. Da bei den ersten Schwarzfäule-Ausbrüchen bereits deutlich wurde, dass einige dieser Sorten hoch anfällig gegen die Schwarzfäule sind, andere hingegen kaum, sollte die Anfälligkeit traditioneller und pilzwiderstandsfähiger Rebsorten untersucht und bewertet werden, um den ökologisch wirtschaftenden Weinbaubetrieben Entscheidungshilfe bei der Auswahl von PIWI für den Anbau in von der Schwarzfäule befallenen Gebieten zu geben. Dazu wurden sowohl mikroskopische Studien als auch Untersuchungen unter Gewächshaus- und Freilandbedingungen durchgeführt.

3.2.1. Mikroskopische Untersuchungen

Durch mikroskopische Untersuchungen des Infektionsprozesses sollten Informationen über die möglichen Mechanismen unterschiedlicher Anfälligkeit von Rebsorten gesammelt werden. Es wurden insgesamt drei Versuche durchgeführt, bei denen die Sorten Riesling, Helios und Solaris als Topfreben inokuliert wurden. Zu verschiedenen Zeitpunkten nach der Inokulation wurden Blattproben genommen und mikroskopisch untersucht. Die Ergebnisse eines dieser Versuche sind in Abb. 21 exemplarisch vorgestellt. Interessanterweise war bereits die Sporenkeimung auf den resistenten Sorten Helios und Solaris geringer als auf Riesling. Von den vorhandenen Appressorien bildeten beim Riesling mehr als 50% Infektionshyphen, bei Helios und Solaris war dieser Anteil deutlich geringer. Gravierende Unterschiede zwischen den Sorten zeigten sich außerdem bei der Bildung der Hyphennetze, also der Ausdehnung des Pilzes unter der Cuticula. Fünf Tage nach Inokulation hatten alle auf Riesling beobachteten Appressorien Hyphennetze gebildet. Auf den Proben von Helios und Solaris wurde nur

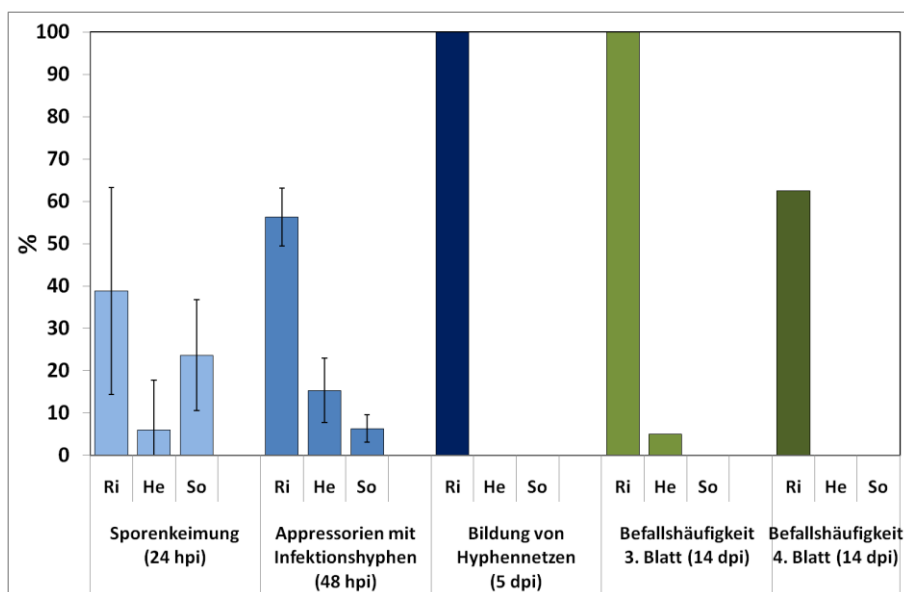


Abb. 21: Exemplarische Darstellung einer der Untersuchungen zum Infektionsprozess an Rebsorten unterschiedlicher Anfälligkeit. Ri=Riesling, He=Helios, So=Solaris. Mittelwerte \pm Standardabweichung.

jeweils ein einziges Appressorium gefunden, das im Falle von Helios ein Hyphennetz gebildet hatte, nicht aber auf Solaris. In allen drei Versuchen blieben Helios und Solaris völlig oder nahezu befallsfrei, während das hier untersuchte 3. und 4. Blatt im Falle des Rieslings stets sehr stark befallen war (Abb. 22).

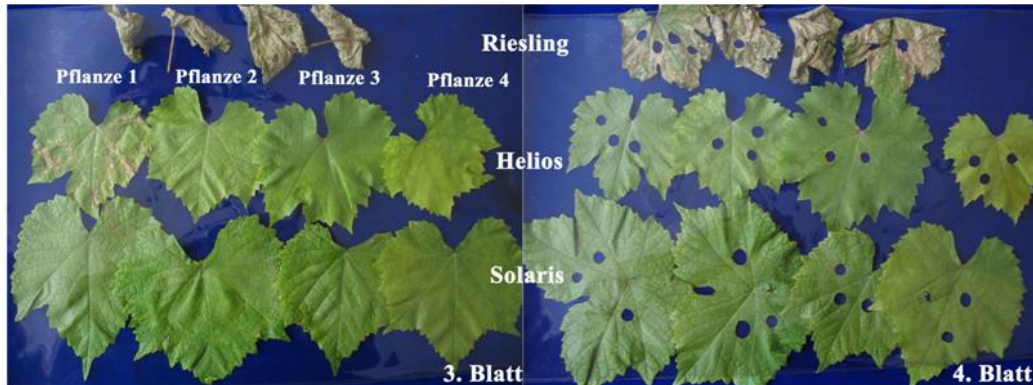


Abb. 22: Befallsbild an den 3. und 4. Blättern der inokulierten Topfreben 14 dpi.

3.2.2. Modelluntersuchungen im Gewächshaus

3.2.2.1. Bewertung der Anfälligkeit traditioneller und pilzwiderstandsfähiger Rebsorten für die Schwarzfäule

Die Infektionsversuche an Topfreben im Gewächshaus erbrachten deutliche Unterschiede bezüglich der Anfälligkeit der verschiedenen Rebsorten gegenüber Blattinfektionen durch *G. bidwellii*, obwohl unter den Versuchsbedingungen alle geprüften Sorten von der Schwarzfäule befallen wurden. Sowohl hinsichtlich der Anzahl befallener Blätter (Abb. 23) pro Topfrebe

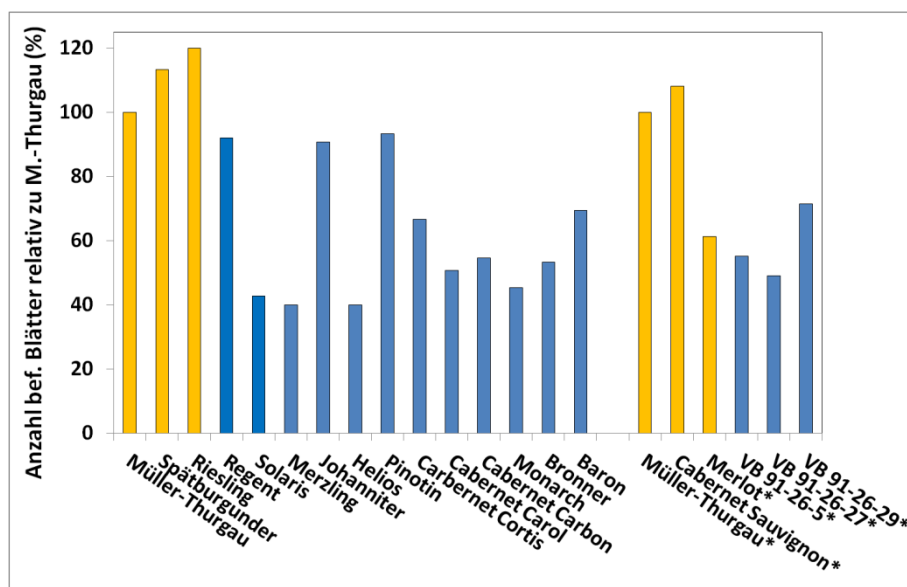


Abb. 23: Anfälligkeit verschiedener Rebsorten: Mittlere Anzahl befallener Blätter an inokulierten Topfreben aus jeweils zwei Versuchsserien 2006. Gelb: Traditionelle Rebsorten; Blau: ‚Pilzwiderstandsfähige‘ Rebsorten. Mit (*) gekennzeichnete Rebsorten wurden 2008 getestet.

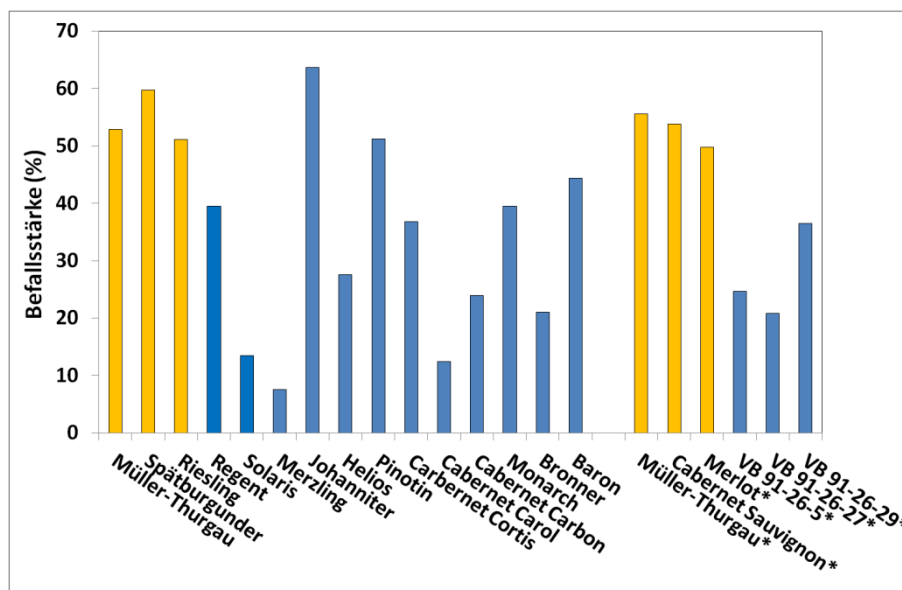


Abb. 24: Anfälligkeitsstärke verschiedener Rebsorten: Mittlere Befallsstärke befallener Blätter aus jeweils zwei Versuchsserien 2006. Gelb: Traditionelle Rebsorten; Blau: ‚Pilzwiderstandsfähige‘ Rebsorten. Mit (*) gekennzeichnete Rebsorten wurden 2008 getestet.

Tab. 13: Einteilung der untersuchten Rebsorten nach ihrer Anfälligkeit gegenüber dem Erreger der Schwarzfäule. Für die Einteilung wurden Befallsstärke befallener Blätter und Anzahl befallener Blätter herangezogen. Die Namen ‚pilzwiderstandsfähiger‘ Rebsorten sind kursiv dargestellt.

Anfälligkeitsgruppe	Rebsorten
Hohe Anfälligkeit	Cabernet Sauvignon, Merlot, Müller-Thurgau, Riesling, Spätburgunder, <i>Johanniter, Pinotin, Regent</i>
Mittlere Anfälligkeit	<i>Baron, Bronner, Cabernet Carbon, Cabernet Cortis, Helios, Monarch, Prior, VB 91-26-5, VB 91-26-27, VB 91-26-29</i>
Geringe Anfälligkeit	<i>Cabernet Carol, Merzling, Solaris,</i>

als auch bezogen auf die Befallsstärke (Abb. 24) an den befallenen Blätter zeigten die untersuchten Sorten große Unterschiede. Die in den Abbildungen dargestellten Mittelwerte beruhen auf jeweils zwei Versuchsserien in zeitlichem Abstand, zwischen denen zum Teil erhebliche Abweichungen beobachtet wurden.

Die untersuchten Rebsorten wurden drei Anfälligkeitsgruppen zugeordnet (Tab. 13). Als besonders anfällig erwiesen sich erwartungsgemäß die klassischen Europäer-Sorten Müller-Thurgau, Spätburgunder, Riesling, Cabernet Sauvignon und Merlot. Ebenfalls als sehr anfällig zeigten sich Regent, Johanniter, Pinotin und Baron. Die übrigen Sorten wiesen entweder bei der Anzahl befallener Blätter und bei der Befallsstärke deutlich geringeren Befall im Vergleich zur anfälligen Vergleichssorte Müller-Thurgau auf. Besonders geringer

Befall konnte bei den Sorten Solaris, Merzling und Cabernet Carol beobachtet werden. Nicht nur die Befallshäufigkeit und die Befallsstärke, sondern auch die Pykniendichte auf den Blättern war bei diesen Sorten deutlich vermindert. Bei der Rebsorte Müller-Thurgau wurde der Zusammenhang zwischen Befallsstärke und Pykniendichte genauer untersucht und eine enge Korrelation zwischen den beiden Parametern festgestellt (Abb. 25). Für den Krankheitsverlauf im Feld ist dies ein wichtiger Faktor, da durch die verringerte Fruchtkörperanzahl auch die Inokulumdichte im Weinberg reduziert wird.

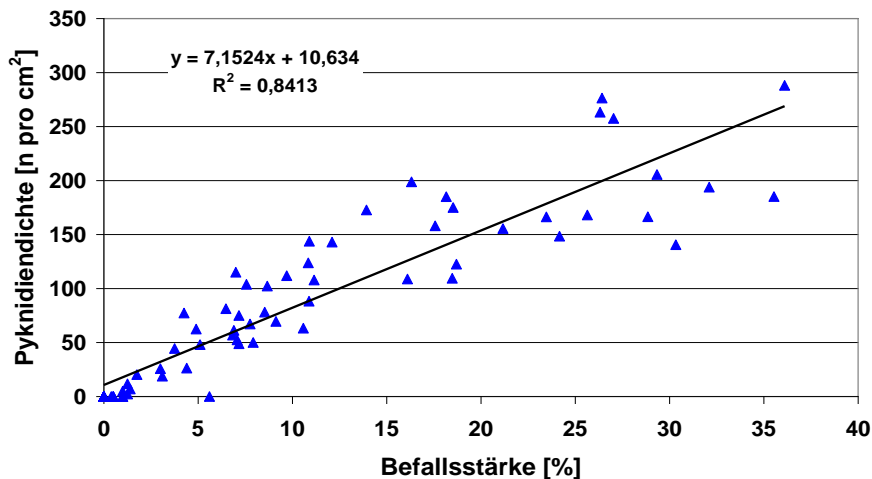


Abb. 25: Zusammenhang zwischen der Befallsstärke an Blättern und der Pykniendichte bei der Rebsorte Müller-Thurgau.

3.2.2.2. Einfluss von Temperatur, Blattnässe und Inokulumdichte auf die Anfälligkeit traditioneller und pilzwiderstandsfähiger Rebsorten

Die Versuche zur Anfälligkeit verschiedener Rebsorten gegenüber dem Erreger der Schwarzfäule ergaben deutliche Unterschiede im Blattbefall zwischen einigen pilzwiderstandsfähigen Rebsorten. Unter welchem Infektionsdruck bzw. bei welchen Infektionsbedingungen die Resistenzeigenschaften der einzelnen Sorten ausreichend sind, um die Krankheitsausprägung zu reduzieren, sollte durch weitere Versuche geklärt werden. Daher wurde der Einfluss von Temperatur, Inokulumdichte und Blattnässedauer beim Infektionsvorgang auf die Befallsstärke an anfälligen Gewächshausreben untersucht, während unter 3.1.4 der Einfluss dieser Parameter auf den Infektionsprozess analysiert wurde.

Vorversuche an der anfälligen Rebsorte Müller-Thurgau:

Zunächst wurden Vorversuche mit der anfälligen Rebsorte Müller-Thurgau in zwei Versuchsserien durchgeführt. Als Beispiel sind die Ergebnisse der zweiten Versuchsserie in Abb. 26 zusammengefasst. Die Steigerung der Inokulumdichte führte in allen untersuchten Versuchskombinationen zu einer deutlichen Zunahme der Befallsstärke. Die höchsten Befallsstärken wurden dabei erwartungsgemäß bei 2500 Konidien/ml ermittelt. In 16 Fällen unterschieden sich die Befallsstärken bei 2500 Konidien/ml signifikant von den Befallsstärken der anderen Inokulumdichten. Zwischen den Befallsstärken bei 25 Konidien/ml und 250 Konidien/ml konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden ($\alpha = 0,05$). Bei 14 Vergleichen wurde zudem eine signifikant höhere Anzahl befallener Blätter bei einer Inokulumdichte von 2500 Konidien/ml im Vergleich zu 25 Konidien/ml festgestellt.

Zwischen den Dichten von 25 Konidien/ml und 250 Konidien/ml bzw. 2500 Konidien/ml und 250 Konidien/ml unterschied sich die Anzahl befallener Blätter nicht ($\alpha = 0,05$).

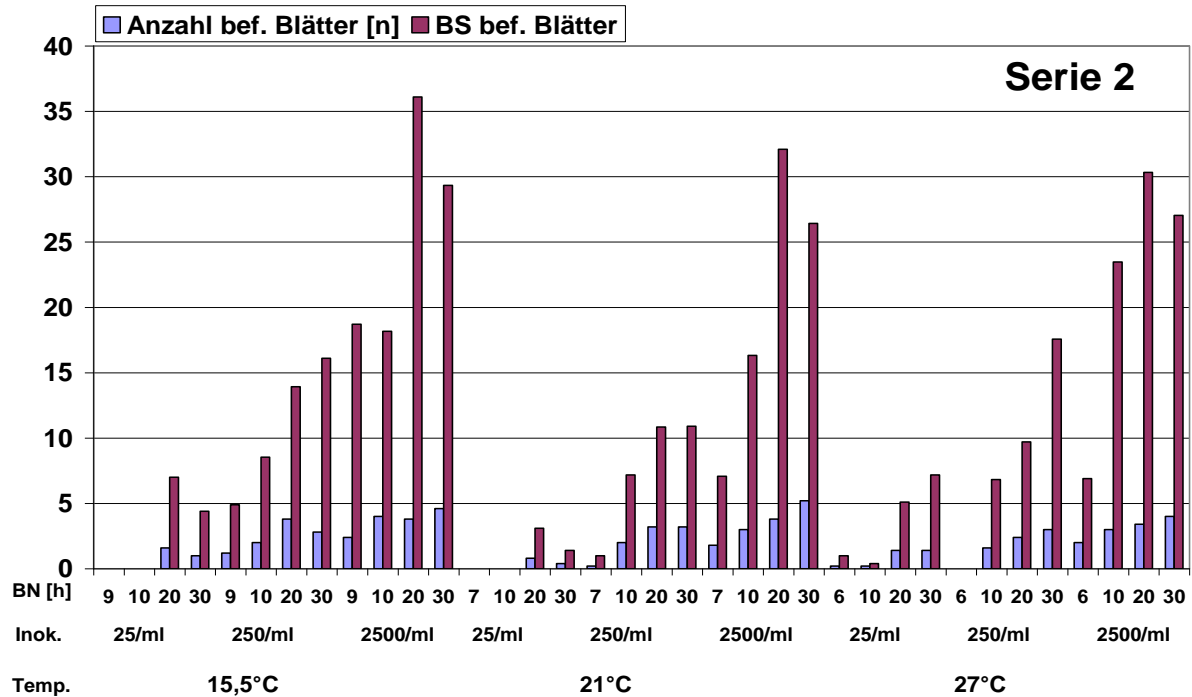


Abb. 26: Einfluss von Temperatur, Inokulumdichte und Blattnässedauer (BN) während des Infektionsvorgangs auf die mittlere Anzahl befallener Blätter sowie die mittlere Befallsstärke befallener Blätter an Müller-Thurgau.

Auch durch die Blattnässedauer wurde die Anzahl befallener Blätter und die Befallsstärke beeinflusst. Während die Steigerung der Blattnässedauer bis zu 20 Stunden bei fast allen Versuchsansätzen auch eine Steigerung des Befalls zur Folge hatte, stagnierte der Befall bei vielen Ansätzen ($n = 11$) oder war sogar rückläufig bei einer Erhöhung der Blattnässedauer auf 30 Stunden. Signifikante Unterschiede zwischen den Varianten bei der Befallsstärke oder der Anzahl befallener Blätter ließen sich nur in wenigen Fällen feststellen. Zwischen 20 h und 30 h Blattnässedauer traten keine signifikanten Unterschiede in der Befallsstärke auf. Zwischen 10 h und 20 h Blattnässe war die Befallsstärke der befallenen Blätter in vier Fällen und zwischen 10 h und 30 h Blattnässe in zwei Fällen signifikant unterschiedlich. Am häufigsten war die Befallsstärke in den Varianten mit der kürzesten Blattnässedauer im Vergleich mit den anderen Blattnässedauern signifikant reduziert (18 Fälle). In neun Fällen unterschieden sich die Befallsstärken bei den verschiedenen Blattnässedauern nicht signifikant voneinander. Bei der Anzahl befallener Blätter gab es zwischen 10 h, 20 h und 30 h Blattnässedauer keine signifikanten Unterschiede. Im Falle der geringsten Blattnässedauer konnte bei 18 Vergleichen mit höheren Blattnässedauern eine signifikante Reduktion der Anzahl befallener Blätter festgestellt werden. Dabei war auffällig, dass mit Zunahme der Temperaturen und der Inokulumdichte die Anzahl signifikanter Vergleiche tendenziell zunahm.

Die Temperatur während des Infektionsvorganges hatte kaum Einfluss auf die resultierenden Befallsstärken oder die Anzahl befallener Blätter (s. auch Abb. 26). Lediglich in einem Fall (Variante 6) war die Anzahl befallener Blätter bei 15,5°C im Vergleich zu 21°C und 27°C bei der Versuchsserie 1 signifikant verringert. Bezogen auf die Befallsstärke der befallenen Blätter wiesen die Varianten 6 und 10 (bei 15,5°C) signifikant geringere Befallsstärken im Vergleich zu 21°C und 27°C auf. In Versuchsserie 2 konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen Varianten mit unterschiedlichen Temperaturen beobachtet werden.

In insgesamt zwölf Versuchsansätzen der beiden Versuchsserien konnte kein Befall festgestellt werden. Dabei waren in acht Fällen Varianten, bei denen die Mindestblattnässedauer eingestellt wurde, betroffen. In fünf dieser Fälle war die Mindestblattnässedauer mit der geringsten Inokulumdichte kombiniert.

Die Bedeutung der Einflussfaktoren für die Befallsparameter wurde durch Varianzanalysen untersucht (Tab. 14). Die Inokulumdichte übte den größten Einfluss auf die erfassten Befallsparameter aus; bei der varianzanalytischen Verrechnung wurden jeweils die höchsten F-Werte erzielt. Der zweitgrößte Einfluss wurde durch die Blattnässedauer ausgeübt, deren F-Werte 1,5-fach bis 3,8-fach niedriger lagen als die Werte für die Inokulumdichte. Der Einfluss der Temperatur fiel nur sehr gering aus. Bei den untersuchten Wechselwirkungen ergab sich ein signifikanter Einfluss durch die Kombination der Faktoren Inokulumdichte x Blattnässedauer.

Tab. 14: Varianzanalytische Untersuchung der Einflussfaktoren auf den Blattbefall von Topfreben der Sorte Müller-Thurgau (*signifikante Einflüsse; $\alpha = 0,05$).

	Befallene Blätter [n]	Befallsstärke befall. Blätter [%]	Pykniendichte pro cm ²
Serie 1	F-Wert	F-Wert	F-Wert
Inokulumdichte	46,36*	81,99*	29,30*
Blattnässedauer	31,37*	53,66*	33,86*
Temperatur	8,37*	12,83*	7,83*
Temp. x ID.	3,30*	2	1,37
Temp. x BN	2,03	5,98*	4,74*
ID. x BN	5,85*	15,36*	5,54*
Serie 2	F-Wert	F-Wert	F-Wert
Inokulumdichte	89,90*	126,11*	66,71*
Blattnässedauer	27,87*	33,22*	22,74*
Temperatur	1,77	3,57*	2,04
Temp. x ID.	1,93	0,13	1,29
Temp. x BN	0,66	1,47	7,15*
ID. x BN	2,96*	5,88*	3,56*

Aus den Untersuchungen geht hervor, dass der verfügbaren Menge des Pilzinokulum zum jeweiligen Infektionstermin von den drei geprüften Einflussfaktoren die größte Aufmerksamkeit geschenkt werden muss, wenn das Befallsrisiko als Folge einer Infektion beurteilt werden soll. Damit kommt der Beobachtung der Ascosporenreifung, des Sporenausstoßes und der Anzahl an Inokulumquellen in einer Rebfläche eine sehr wichtige Rolle bei der Beurteilung der zu erwartenden Befallssituation im Freiland zu. Die Blattnässedauer ist ebenfalls bei der Beurteilung des Krankheitsrisikos zu berücksichtigen. Interessanterweise wurde bei der geringsten Blattnässedauer mit nur einer Ausnahme lediglich sehr schwacher Blattbefall erzielt (< 5 % BS). Ähnlich niedrig liegt der Befall auch bei 10 h Blattnässe, allerdings beschränkt auf die niedrigste Inokulumdichte.

Ausprägung der Befallsstärke in Abhängigkeit von der Inokulumdichte bei Rebsorten mit unterschiedlicher Anfälligkeit gegen Schwarzfäule

Bei allen getesteten Rebsorten/Inokulumkombinationen wurde Befall an den Blättern festgestellt. Auch bei der niedrigsten Inokulumdichte blieben die Rebsorten nicht vollkommen befallsfrei. Die zuvor ermittelten Unterschiede in der Anfälligkeit der Sorten und ihre Zuordnung zu den Anfälligkeitsgruppen konnten bei den Versuchen bestätigt werden. Die Rebsorte Bronner wies bei den niedrigen Inokulumdichten ähnlich geringe Befallsstärken wie Merzling und Solaris auf. Bei höheren Inokulumdichten (ab 1000 Konidien/ml) lagen die resultierenden Befallsstärken im Bereich der Sorten Helios und Regent. Interessanterweise konnte sich die Rebsorte Regent bei den durchgeführten Versuchen im Bereich der Sorten mit mittlerer Anfälligkeit platzieren. In den vorherigen Untersuchungen zum Vergleich der Sortenanfälligkeit wies die Rebsorte eine hohe Anfälligkeit auf, die auch im Freiland bestätigt wurde. Die Sorten Cabernet Carbon und Monarch, die bei diesen Versuchen eine verringerte Anfälligkeit im Vergleich zu den anfälligen Sorten aufwiesen, zeigten in den vorliegenden Untersuchungen eine vergleichbare Anfälligkeit wie die sehr anfällige Rebsorte Müller-Thurgau. Die Rebsorten Merzling und Solaris wurden in den Tests bei allen geprüften Inokulumdichten am geringsten besiedelt. Nur bei diesen Sorten blieben bei Inokulumdichten von bis zu 2500 Konidien/ml einzelne Pflanzen frei von Schwarzfäule-Befall.

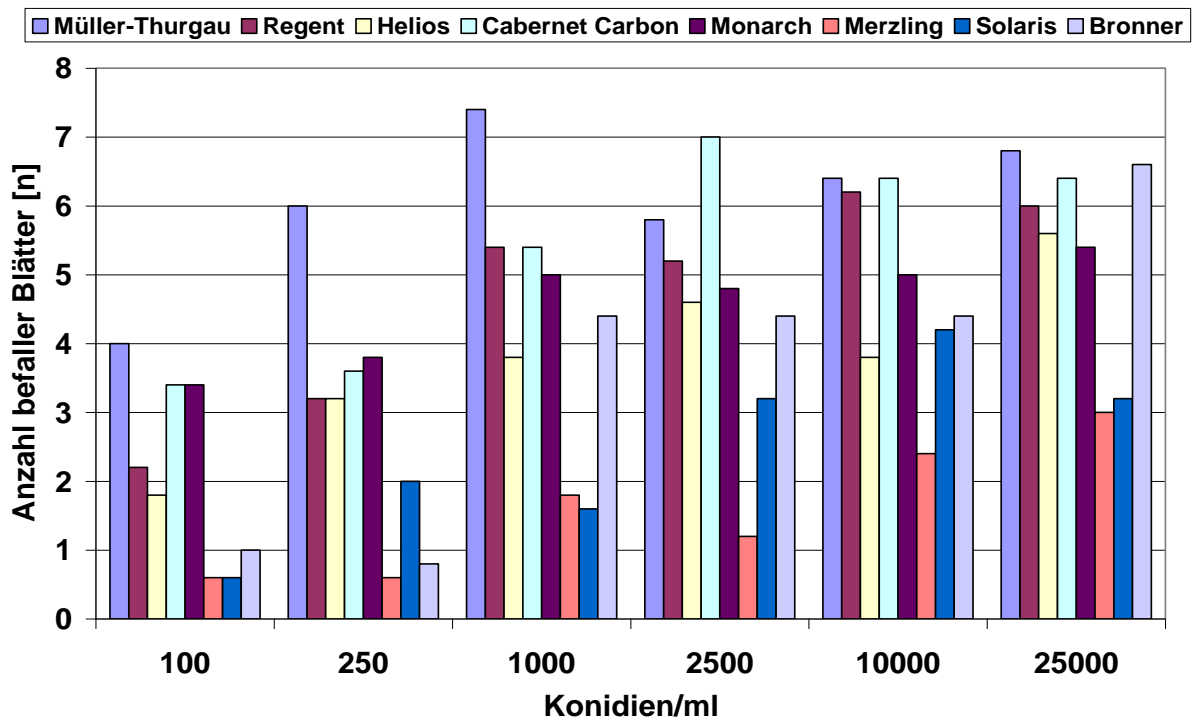


Abb. 27: Einfluss der Inokulumdichte auf die Anzahl befallener Blätter bei verschiedenen Rebsorten.

Die Hoffnung, dass die Resistenzeigenschaften der Sorten bei einem bestimmten Infektionsdruck eine völlige Befallsfreiheit erzielen können, bestätigte sich leider nicht. Zwar war ein deutlicher Zusammenhang zwischen Inokulumdichte und resultierender Befallsstärke an Blättern zu erkennen (Abb. 28) und bei den Rebsorten mit der geringsten Anfälligkeit blieb ein Teil der Pflanzen befallsfrei, trotzdem gelang es dem Erreger einzelne Infektionen zu verursachen. Der Mechanismus der verringerten Anfälligkeit scheint in einer verminderten Ausbreitung des Erregers im Blatt zu liegen, die eine geringere Befallsstärke zur Folge hat.

Die geringere Anzahl befallener Blätter bei den Sorten Merzling, Solaris und Bronner deutet zudem darauf hin, dass die Phase der Anfälligkeit der Blätter bei den weniger anfälligen Sorten verkürzt ist (Stadienresistenz).

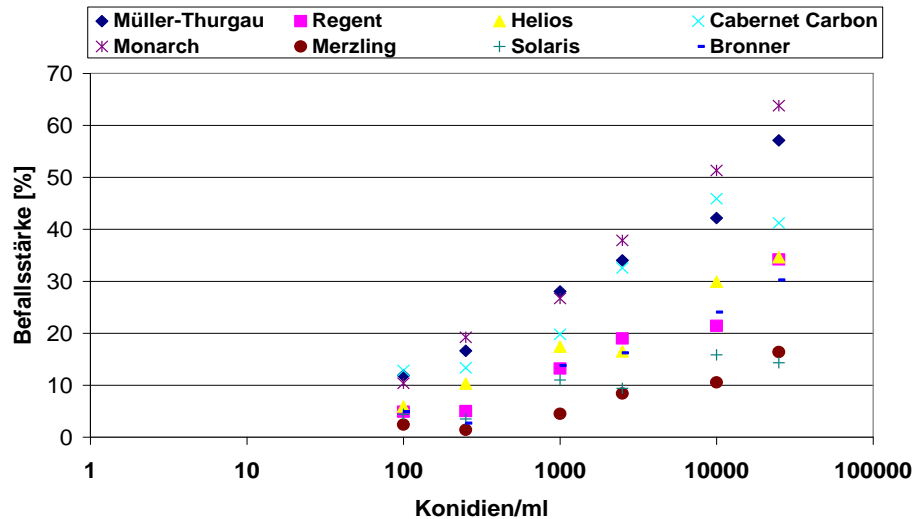


Abb. 28: Einfluss der Inokulumdichte auf die Befallsstärke bei verschiedenen Rebsorten.

3.2.2.3. Einfluss von Pflanzenstärkungsmitteln auf die Anfälligkeit pilzwiderstandsfähiger Rebsorten gegenüber *G. bidwellii* bei niedriger Inokulumdichte

Die Beobachtung, dass einige ‚pilzwiderstandsfähige‘ Rebsorten eine deutlich verminderte Anfälligkeit für die Schwarzfäule aufweisen, führte zu der Frage, ob bei geringem Infektionsdruck der Befall durch die Applikation von Pflanzenstärkungsmitteln ausreichend vermindert werden könnte. Dazu wurden die Versuchspflanzen mit den Pflanzenstärkungsmitteln Chitoplant, HF-Pilzvorsorge, Molke und Myco-Sin VIN sowie mit Versuchspräparaten behandelt und danach unterschiedlichen Inokulumdichten ausgesetzt. Zur besseren Beurteilung der Wirkung von verschiedenen Pflanzenstärkungsmitteln auf Schwarzfäule-Befall wurde zusätzlich ein Befallswert durch Multiplikation der Werte aus „Anzahl befallener Blätter“ und „mittlere Befallsstärke befallener Blätter“ errechnet (Abb. 29).

Die Versuchsergebnisse zeigten eine hohe Variationsbreite zwischen den einzelnen Pflanzen. In Abb. 30 sind die Mittelwerte der Versuchsserie dargestellt. Eine deutlich erkennbare Reduktion des Befallswertes (595 auf 115) wurde bei der Rebsorte Müller-Thurgau im Falle hoher Inokulumdichte nur mit Myco-Sin VIN erzielt. Die Inokulumvariante 2500 Konidien/ml verursachte bei der Kontrolle (Wasserbehandlung) eine mittlere Befallsstärke von 41 % und einen Befallswert von 282. Durch die Chitoplant-Behandlung wurde der Befallswert auf 215 reduziert. Bei Anwendung des Produktes HF-Pilzvorsorge wurde der Befallswert von 132 gegenüber der Kontrolle mehr als halbiert. Die Molke-Behandlung ergab einen Befallswert von 160. Bei der Myco-Sin VIN -Variante wurde ein Befallswert von 48 ermittelt, was einem Wirkungsgrad von etwa 83 Prozent entspricht. Bei der Inokulumvariante 250 Konidien/ml wurde in der Kontrolle ein Befallswert von nur 56 ermittelt. Myco-Sin VIN erreichte in dieser Variante sogar einen Wirkungsgrad von 93 Prozent.

Bei den ‚pilzwiderstandsfähigen‘ Rebsorten war der Befallswert mit allen Inokulumdichten auch in der unbehandelten Kontrolle deutlich niedriger als bei der Rebsorte Müller-Thurgau.

Aufgrund der sehr niedrigen Befallswerte konnten nicht alle Varianten verglichen werden. Bei ‚Solaris‘ verminderte bei hoher Inokulumdichte nur Myco-Sin VIN den Befallswert gegenüber der Kontrolle (von 29 auf 22). Bei der Inokulumdichte 2.500 Konidien/ml führten alle Behandlungsvarianten zu deutlichen Befallsreduktionen (0,6-3 gegenüber 21).

Beim Merzling fiel die vergleichsweise gute Wirksamkeit von Chitoplant bei der Inokulumdichte von 25.000 Konidien/ml und die schlechte Wirkung von Myco-Sin VIN auf. Bei den Rebsorten Bronner und Cabernet Carbon führte die Inokulumdichte von 2.500 Konidien/ml zu höheren Befallswerten als die Variante mit 25.000 Konidien/ml. Während Myco-Sin Vin bei der hohen Inokulumdichte keine Reduktion der Befallswerte erzielte, waren diese bei beiden Rebsorten bei 2.500 Konidien/ml am stärksten reduziert.

Die reduzierenden Effekte der Pflanzenstärkungsmittel lassen sich bei den pilzwiderstandsfähigen Sorten nur bedingt, zum Teil gar nicht nachvollziehen. Die Wirkung kommt nach den Ergebnissen der ersten Versuchsserie offensichtlich nur bei stärkerem Befall richtig zum Tragen. Folgt man der Hypothese, dass Pflanzenstärkungsmittel Abwehrmechanismen aktivieren, die bei den resistenten Sorten aber bereits aktiviert und Teil der Resistenzreaktion sind, wäre es möglich, dass bei den resistenten Sorten kein zusätzlicher oder nur ein geringerer Effekt durch Pflanzenstärkungsmittel hervorgerufen werden kann. Bei Müller-Thurgau hingegen zeigen sich gewisse Effekte, die auf eine Resistenzinduktion zurückgeführt werden könnten.

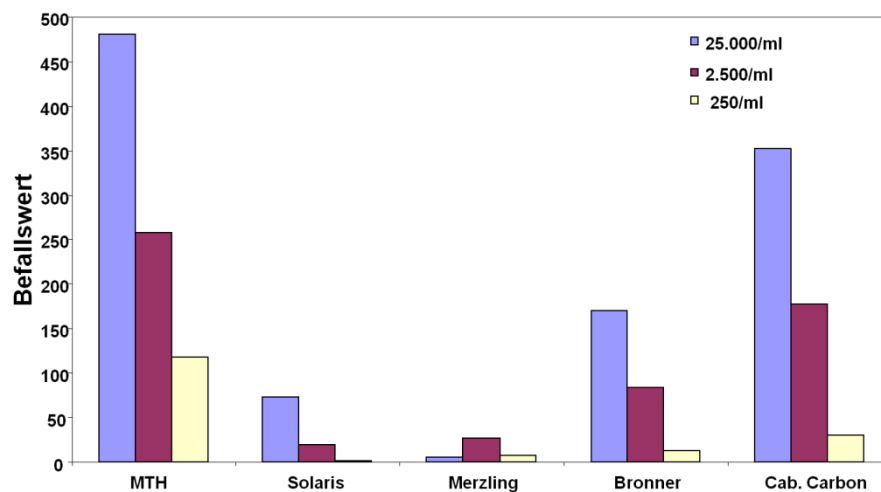


Abb. 29: Befallswerte (Befallene Blätter x Befallsstärke) für die in Versuchen mit Pflanzenstärkungsmitteln verwendeten Rebsorten.

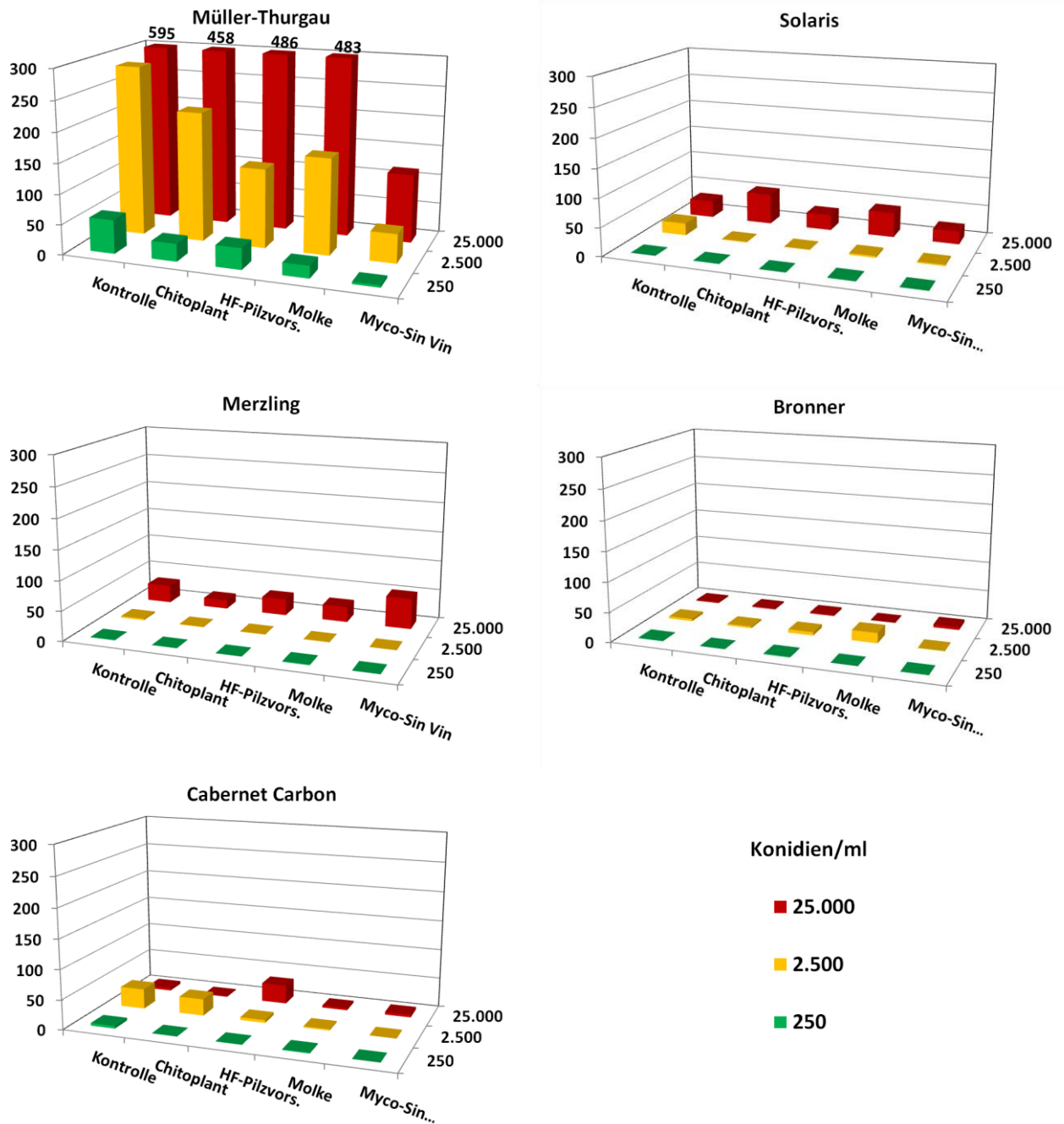


Abb. 30: Auswirkung der Behandlung von Versuchsreben (cv. Müller-Thurgau; vier Piwi-Sorten) mit verschiedenen Pflanzenstärkungsmitteln auf den Befallswert (Befallene Blätter x Befallsstärke) der Schwarzfäule bei Inokulation mit unterschiedlichen Inokulumdichten.

3.2.3. Anfälligkeit pilzwiderstandsfähiger Rebsorten im Freiland

Die im Jahr 2005 gepflanzte Freiland-Versuchsanlage ‚Bederei‘ in Kues konnte in den ersten beiden Jahren nur eingeschränkt genutzt werden, da an den jungen Reben noch keine Trauben wuchsen. Dennoch wurden bereits 2006 erste Inokulationsversuche mit Fruchtmumien durchgeführt, um qualitative Informationen über den Befall dieser Rebsorten mit Schwarzfäule unter Freilandbedingungen zu erhalten. Blattbonituren im Juli und September 2006 zeigten bei allen Rebsorten Schwarzfäule-Symptome. Lediglich bei der Sorte ‚Bronner‘ waren im Juli noch alle untersuchten Reben befallsfrei. Im Juli 2007 war auch ‚Bronner‘ bereits sichtbar befallen. Auch die erstmals gebildeten Trauben wiesen bei allen Rebsorten bereits Befallssymptome auf, die sich bis in den August weiter verstärkten. Die Ergebnisse decken sich mit den Beobachtungen im Rahmen der Gewächshausversuche, in denen ebenfalls bei allen ‚pilzwiderstandsfähigen‘ Rebsorten Befall festgestellt wurde, wenn auch in verminderter Intensität im Vergleich zu anfälligen Rebsorten. An den Reben der Versuchsfläche, die nicht durch Aushängen von Traubenummien künstlich inokuliert wurden, waren keine Befallssymptome zu beobachten.

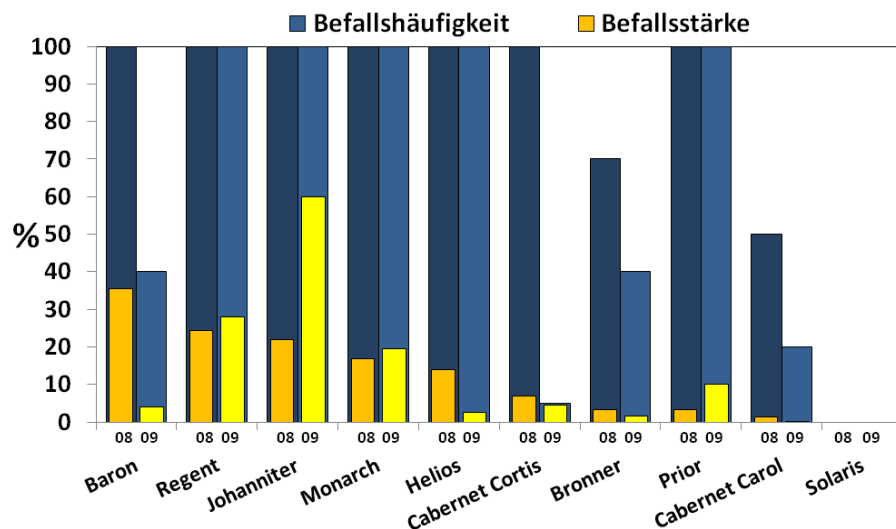


Abb. 31: Befallshäufigkeit und Befallsstärke der Schwarzfäule an Trauben ‚pilzwiderstandsfähiger‘ Rebsorten im Freiland ca. sieben Wochen nach künstlicher Inokulation.

In den Versuchsjahren 2008 und 2009 wurde die Anfälligkeit der Trauben der verschiedenen Sorten bei künstlicher Inokulation mit einer Sporensuspension ($2,5 \times 10^5$ Konidien/ml) unter Freilandbedingungen überprüft. Abschließende Boniturdaten wurden ca. sieben Wochen nach der Inokulation (9.7.2008 bzw. 16.7.2009) am 28. August 2008 und am 2. September 2009 erhoben (Abb. 31). Bei ‚Baron‘ und ‚Johanniter‘ differierte die beobachtete Befallsstärke erheblich zwischen den beiden Versuchsjahren. Auf der Grundlage der Mittelwerte der Befallsstärken aus beiden Versuchsjahren und vor dem Hintergrund, dass schon bei relativ geringen Befallsstärken in der Weinbaulichen Praxis mit wirtschaftlichen Schäden zu rechnen ist, wurden die Rebsorten in drei Anfälligkeitsklassen eingeteilt (‚niedrig‘ : 0-5 %; ‚mittel‘: 5-10 %; ‚hoch‘: >10 %). Mit Ausnahme der Rebsorten ‚Baron‘, ‚Bronner‘, ‚Monarch‘ und ‚Helios‘, die sich bei den Freilandversuchen im Grenzbereich zwischen hoher und mittlerer bzw. mittlerer und geringer Anfälligkeit bewegten, stimmten die Einstufungen der zwei Versuchsansätze überein. Besonders empfindlich waren ‚Johanniter‘ und ‚Regent‘; als besonders resistent erwiesen sich ‚Bronner‘, ‚Cabernet Carol‘, und ‚Solaris‘. Einzig Solaris blieb in beiden Versuchsjahren völlig ohne Befall (Abb. 31).

Tab. 15: Vergleich der Einteilung ‚pilzwiderstandsfähiger‘ Rebsorten nach ihrer Anfälligkeit für die Schwarzfäule. Einstufung nach Blattbefall in Gewächshausversuchen (Kap. 3.2.2.1) sowie nach Traubenbefall im Freiland nach künstlicher Inokulation (‚niedrig‘: BS 0-5 %; mittel: BS 5-10 %; ‚hoch‘: BS >10 %).

	Blattbefall Gewächshaus	Traubenbefall Freiland
Johanniter	hoch	hoch
Regent	hoch	hoch
Baron	mittel	hoch
Monarch	mittel	hoch
Helios	mittel	gering
Prior	mittel	mittel
Cabernet Cortis	mittel	mittel
Bronner	mittel	gering
Cabernet Carol	niedrig	gering
Solaris	niedrig	gering

3.3. Maßnahmen zur Prävention des Schwarzfäule-Befalls und zur Befallsminderung

Die Befallsprävention durch geeignete Anbau- und Kulturverfahren ist ein wesentliches Merkmal des ökologischen Weinbaus. Daher wurden im zweiten Arbeitsfeld Möglichkeiten untersucht, durch Modifikation der Anbaubedingungen vor und während der Vegetationszeit das Schwarzfäule-Inokulum in den Rebanlagen zu vermindern, Primärinfektionen zu verhindern bzw. zu verzögern und den Epidemieverlauf abzuschwächen, um das Risiko von Traubeninfektionen und damit verbundenen wirtschaftlichen Schäden zu reduzieren.

3.3.1. Maßnahmen zur Verringerung des Primärinokulum

3.3.1.1. *Kompostieren von Traubentrester*

In der Literatur wird den Winzern geraten, zur Vermeidung von Schwarzfäuleinfektionen ausschließlich kompostierten Trester in den Weinbergen auszubringen. Während der starken Schwarzfäule-Ausbrüche an der Mosel wurde in der Praxis immer wieder die Frage aufgeworfen, ob nicht von Tresterkompost noch ein Schwarzfäule-Risiko ausgehen könne. Zur Klärung dieser Frage wurde daher Trester in verschiedenen Behandlungsvarianten kompostiert und das Infektionspotential der Komposte im Vergleich zum nicht-kompostierten Traubentrester durch Biotests im Gewächshaus ermittelt (Abb. 32). Das Testverfahren mit über den Topfreben ausgebrachtem Kompost erwies sich als geeignet, da bei Verwendung von nicht-kompostierten Traubenmumien als Kontrolle ein starker Befall der Reben induziert werden konnte. Bei keiner kompostierten Variante, auch nicht derjenigen ohne Zusatzstoffe, wurden Schwarzfäuleinfektionen beobachtet. Die Kompostierung ist somit ein sicheres Verfahren, um Trester ohne Kontamination, d.h. ohne Schwarzfäule-Inokulum, zu erhalten. Die Beobachtungen korrespondieren mit den Ergebnissen aus Kap. 3.1.2; Auch im Rahmen dieser Versuche zur Fruchtkörperentwicklung wurde festgestellt, dass die im Boden verrotteten Traubenmumien frei von infektiösem Material waren.



Abb. 32: Bio-Test zur Untersuchung von verschiedenen kompostierten Trestern im Gewächshaus der FA Geisenheim

3.3.1.2. Entfernen von Traubenmumien aus Ertragsanlagen

An Traubenmumien, die auf dem Boden liegen bleiben, bilden sich bereits zu Beginn der Vegetationsperiode Perithezien mit Ascosporen, die bis vor der Blüte als Quelle des Primärinokulum der Schwarzfäule dienen könnten (vgl. 3.1.2). Daher war zu überprüfen, ob in der Praxis von beim Rebschnitt entfernten und auf dem Boden belassenen Mumien eine wesentliche Infektionsgefahr ausgeht, dass die Empfehlung ausgesprochen werden sollte, diese Mumien aus den Rebanlagen zu entfernen. Dazu wurden die Mumien in einer ökologisch bewirtschafteten Versuchsanlage in Kues beim Rebschnitt bzw. bereits heruntergefallene Mumien (sog. Bodenmumien) systematisch entfernt und in einer Rebgarbe wieder ausgelegt. Im Monat Juli wurde der Befall in jeweils sechs Rebzeilen vor und nach der ‚behandelten‘ Rebgarbe ermittelt. Aufgrund des niedrigen Befallsniveaus wurden dazu die Läsionen auf jeweils 100 Blättern pro Rebzeile gezählt.

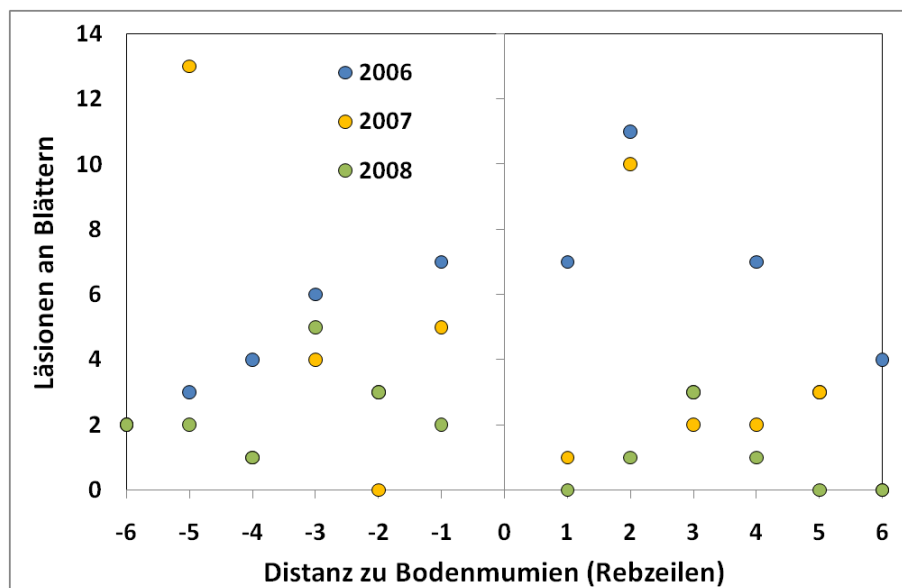


Abb. 33: Anzahl von Blattläsionen in Abhängigkeit von der Distanz der Rebzeilen zur Quelle von Bodenmumien in den Versuchsjahren 2006 bis 2008.

Im Jahr 2009 ließ der geringe Befall in der Versuchsanlage keine Auswertung zu. In den anderen Jahren entwickelte sich bis Juli ein schwacher Befall mit bis zu 13 Läsionen pro 100 Blätter (Abb. 33). Die Rebzeile mit ausgebrachten Bodenmumien hatte darauf offenbar keinen Einfluss, denn einerseits wurden Blattsymptome diffus verteilt in der gesamten Versuchsanlage beobachtet, zum anderen war kein statistisch gesicherter Zusammenhang zwischen der Entfernung der bonitierten Rebzeilen zu den Mumien und der Häufigkeit von Blattläsionen festzustellen. Obwohl Bodenmumien bis etwa zur Blüte Perithezien mit Ascosporen enthalten bzw. Ascosporen ausschleudern, geht offenbar unter normalen Kultur- und Witterungsbedingungen keine wesentliche Infektionsgefahr von ihnen aus, sodass es sich erübrigt, dieses Material beim Rebschnitt gesondert zu entsorgen.

3.3.1.3. Bedeutung des Rebholzes und der Ranken als Quelle des Primärinokulums

In der Versuchsanlage Wolf, aber verbreitet auch in Ertragsanlagen, wurden bei starkem Schwarzfäule-Befall an Blättern und Trauben häufig auch Läsionen an Trieben bzw. im Winter an einjährigem Holz beobachtet, an denen sich Pyknidien bildeten. Da einjährige Triebe als ‚Zielholz‘ für das nächste Jahr an den Reben verbleiben, besteht die Gefahr, dass Inokulum im Bereich der Laubwand in der Rebanlage verbleibt. Ob von solchem Holz tat-

sächlich eine Infektionsgefahr ausgeht, wurde geprüft, indem Abschnitte Schwarzfäule-Befallenen Rebholzes in der Rebsortenversuchsanlage ‚Bederei‘ vor dem Austrieb über Rebstöcke der anfälligen Sorte ‚Regent‘ exponiert und die darunter wachsenden Blätter auf Schwarzfäule-Befall kontrolliert wurden. Der Versuch konnte nur qualitativ ausgewertet werden, da die Zahlen der Fruchtkörper an dem zur Inokulation verwendeten Holz nicht zu quantifizieren waren. Während in der nicht mit Pflanzenschutzmitteln behandelten, mit ‚pilzwiderstandsfähigen‘ Rebsorten bestockten Versuchsanlage bei standortspezifisch sehr niedrigem Infektionsdruck ansonsten keine Schwarzfäule-Symptome an Blättern oder Trauben auftraten, waren diese an allen Reben, die sich unter bzw. neben den ausgehängten Holzabschnitten befanden, festzustellen. Aus der Beobachtung lässt sich folgern, dass von infiziertem Holz eine Infektionsgefahr ausgeht. Frühe Infektionen am jungen Laub begünstigen zu Beginn der Vegetationsperiode den Epidemieverlauf und erhöhen das Risiko späterer Traubeninfektionen, wenn der Blattbefall bis in den Nachblüebereich fortschreitet.



Abb. 34: Durch Schwarzfäule verursachte Läsionen an einjährigem Rebholz (links). Blattläsionen an ‚Regent‘ im unmittelbaren Bereich der ausgehängten Rebholzstücke

3.3.2. Maßnahmen zur Vermeidung von Sekundärinfektionen

3.3.2.1. *Entfernen infizierter Blätter und Trauben*

Beim plötzlichen Ausbruch der Schwarzfäule im Jahr 2004 entwickelten sich Anfang August weit verbreitet schwere Traubeninfektionen, obwohl vorher nahezu keine Blattsymptome beobachtet wurden. Im Nachhinein ließ sich diese außergewöhnliche Situation durch die Ascosporenverfrachtung aus benachbarten oder auch weiter entfernten Drieschen - damals noch in großer Anzahl und Fläche vorhanden - bei häufigen Gewittern mit starken Windböen erklären. Im Normalfall beginnt der polyzyklische Krankheitsverlauf der Schwarzfäule mit Primärinfektionen an den Blättern, von denen ausgehend sich mehrere Sekundärzyklen an Blättern und Trauben entwickeln. Daher wurde in Zusammenarbeit mit ECOVIN-Praxisbetrieben überprüft, ob sich das Infektionsrisiko für die Trauben durch konsequentes Entfernen befallener Blätter während der Laubarbeiten vermindern lässt.

Da den Praxisbetrieben nicht zugemutet werden konnte, im Interesse der Versuche auf Vorichtsmaßnahmen zur Schwarzfäuleverhütung zu verzichten, wurden befallene Blätter auf den gesamten Rebflächen entfernt, mit Ausnahme eines ‚Monitoringfensters‘, in dem die infizierten Blätter an den Stöcken verblieben. Diese Vorgehensweise, in Verbindung mit den

fortschreitenden Drieschenrodungen und der flächendeckenden Berücksichtigung des Schaderregers beim Rebschutz hatte zur Folge, dass der Infektionsdruck nicht in allen Jahren aussagekräftige Ergebnisse ermöglichte, da künstliche Inokulationen in den Ertragsweingebieten ausgeschlossen waren. Im Jahr 2007 ließ sich der Schwarzfäule-Befall an den Trauben infolge überlagernder Schäden durch Sonnenbrand und Roten Brenner und im Jahr 2009 aufgrund eines starken Peronospora-Befalls nicht auswerten. Die Ergebnisse aus zwei mit den anfälligen Rebsorten ‚Regent‘ und Riesling bestockten Rebanlagen aus dem Jahr 2006 sind in Abb. 35 dargestellt. In der Regent-Anlage waren sowohl die Befallshäufigkeit (25 % gegenüber 5-14 %) als auch die Befallsstärke (0,6-1,2 % gegenüber 0,16-0,5 %) in den nicht ‚entblättern‘ Varianten höher als in den Varianten, in denen infiziertes Reblaub entfernt wurde. Die Unterschiede in der Befallsstärke zwischen den entblättern Varianten und der nicht entblättern mit den höheren Befallswerten waren signifikant. Ein Kruskal-Wallis-Test zum Vergleich der beiden Behandlungsvarianten zeigte einen signifikanten Einfluss der Entblättern auf die Befallsstärke. Im Folgejahr wurden zwar ebenfalls in den nicht entblättern Varianten ein geringerer Befall als in der einen Variante ohne phytosanitäre Maßnahmen beobachtet, die zweite unbehandelte Variante war jedoch ebenfalls befallsfrei.

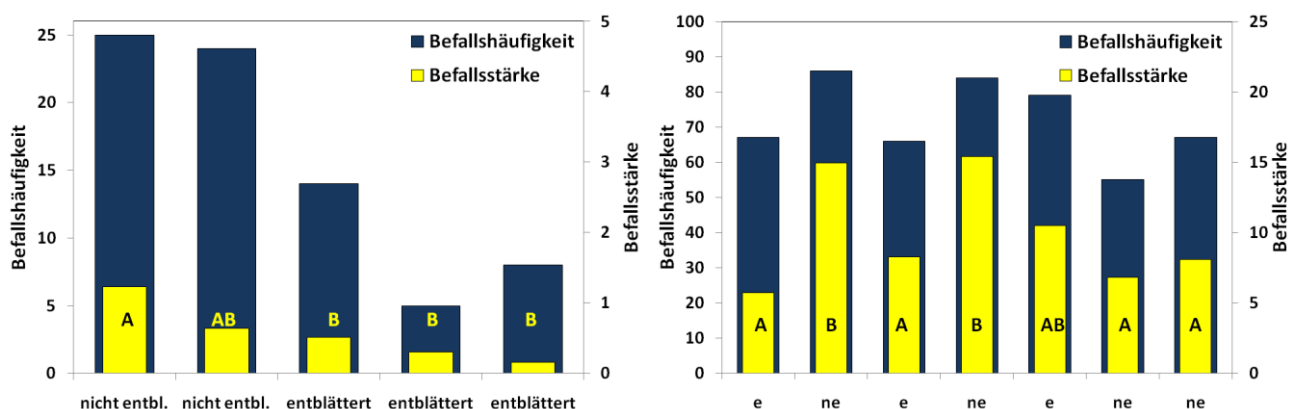


Abb. 35: Einfluss des Entfernens befallener Blätter aus der Laubwand auf den Traubenbefall in Ertragsanlagen. Links: Noviad, 2006; Rebsorte: Regent. Rechts: Kues, 2006, Rebsorte Riesling (Unterschiedliche Buchstaben bezeichnen auf dem 5% Niveau signifikante Unterschiede [Tukey-Kramer-Test]).

In der Riesling-Anlage waren sowohl Befallshäufigkeit als auch Befallsstärke deutlich höher als beim ‚Regent‘. Die Varianzanalyse mit anschließendem multiplen Mittelwertsvergleich zeigte nur bei zwei der vier unbehandelten Varianten eine signifikant höhere Befallsstärke. Der Vergleich zwischen ‚entblättern‘ und ‚nicht-entblättern‘ mit den zusammengefassten Werten der einzelnen Varianten mittels Kruskal-Wallis-Test zeigte jedoch auch hier eine signifikante Verminderung der Befallsstärke durch die Entblättern. Diese Maßnahme bedeutet zwar einen höheren Arbeitsaufwand, das Absammeln der Blätter erfordert jedoch keine zusätzlichen Arbeitsgänge, sondern kann bei allen Kulturarbeiten mit erledigt werden. Diese Praxis hat sich in den an den Versuchen beteiligten Rebanlagen bewährt.

3.3.2.2. Einfluss befallener Blätter auf den Epidemieverlauf

Abgesammelte Blätter mit Schwarzfäule-Läsionen fallen bei den phytosanitären Maßnahmen in mehr oder weniger großen Mengen an. Eine häufige gestellte Frage in Diskussionen mit ECOVIN-Winzern war, ob es ausreicht, diese Blätter auf den Boden fallen zu lassen, oder ob sie als Inokulumquellen besser aus den Rebanlagen entfernt werden sollten. Um diese Frage zu klären, wurden über zwei Jahre befallene Blätter in einer Rebgasse ausgelegt und der

Traubenbefall in den Rebzeilen beiderseits der Inokulumquelle ermittelt. In beiden Versuchsjahren wurde vergleichsweise hoher Befall in der ersten, den ausgelegten Blättern benachbarten Rebzeile beobachtet (Abb. 36). Im Jahr 2008 zeigten die Reben einer Wiederholung im Abstand von drei Rebzeilen von der Inokulumquelle ebenfalls eine hohe Befallsstärke. Dieser Befall war möglicherweise auf eine unerkannte Sporenquelle (befallenes Blatt, Trieb oder Ranke) zurückzuführen. Der Einfluss des infizierten Reblaubes auf den Traubenbefall in Abhängigkeit von der Distanz zur Sporenquelle ist in Abb. 37 verdeutlicht. Zwar waren die höchsten Befallswerte im Bereich der Inokulumquelle zu finden, die Unterschiede zwischen den Abstandsvarianten waren statistisch jedoch nicht abzusichern (Kruskal-Wallis-Test). Die daraus zu ziehende Schlussfolgerung, dass aus der Laubwand entnommene Blätter auf dem Boden verbleiben können, ist aufgrund des schwer zu standardisierenden Versuchsansatzes zu relativieren. Wo es in der Praxis ohne großen Aufwand möglich ist, die Blätter aus den Rebflächen zu verbringen, sollte diese Maßnahme in Betracht gezogen werden.

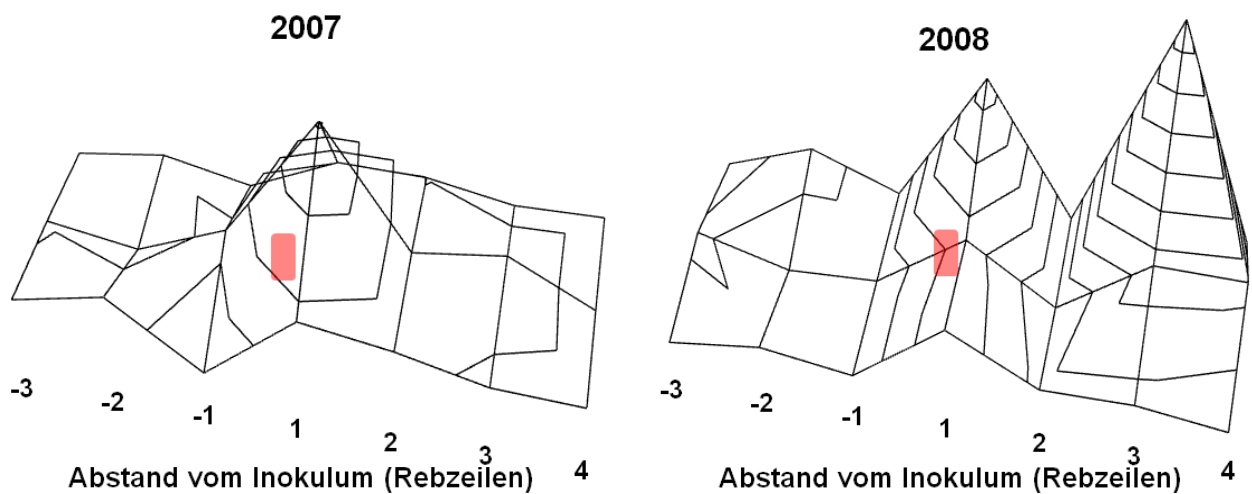


Abb. 36: Schematische Darstellung der Verteilung der Befallsstärke an Riesling-Trauben nach dem Auslegen infizierter Reblätter (rote Quadrate).

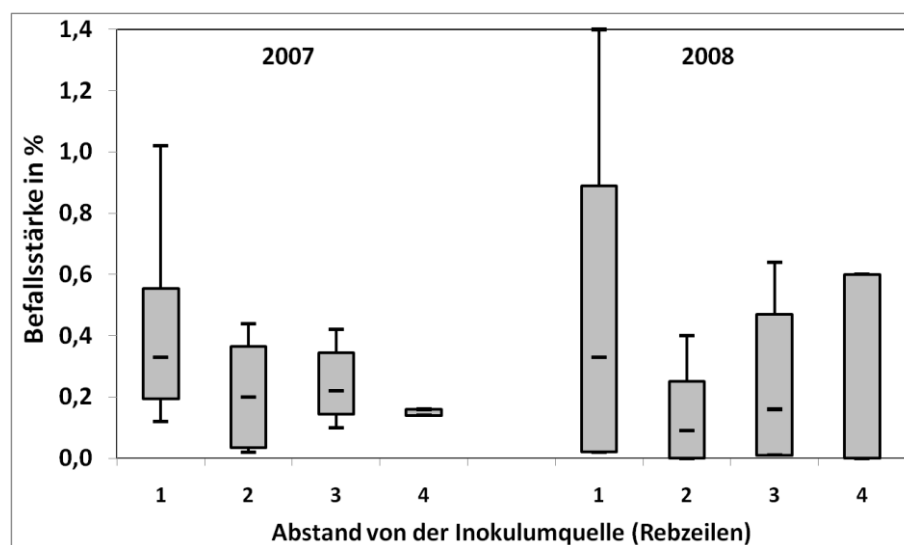


Abb. 37: Einfluss auf dem Boden ausgelegter infizierter Reblätter auf den Schwarzfäule-Befall an Trauben der Rebsorte Riesling.

3.4. Möglichkeiten der Bekämpfung von *G. bidwellii* mit Mikroorganismen und Pflanzenextrakten

Ziel dieser Arbeiten war es, gegen den Erreger der Schwarzfäule wirksame Pflanzenextrakte und Mikroorganismen zu identifizieren sowie deren Wirksamkeit zu charakterisieren und zu überprüfen. Teilziele waren die Selektion wirksamer Mittel, Untersuchungen zum Wirkmechanismus und die Bereitstellung von Material für Feldversuche.

3.4.1. Selektion wirksamer Pflanzenextrakte und antagonistischer Mikroorganismen

3.4.1.1. *Selektion wirksamer Mikroorganismen*

Es wurden 33 Bakterienisolate und 18 Pilzisolat, von denen einige in zurückliegenden Versuchen antagonistische Wirkungen gegen verschiedene phytopathogene Pilze gezeigt hatten, in die Untersuchungen einbezogen. Die Ergebnisse sind in Abb. 38 und Abb. 39 dargestellt. Bei der Konzentration von 10 % führten die Kulturfiltrate bzw. -überstände der Mehrzahl der Isolate zu einer Hemmung des Myzelwachstums. Bei den wirksamsten Pilzisolaten war bei der Konzentration von 1 % das Ausmaß der Hemmung geringer als bei den wirksamsten Bakterienisolaten.

Fünf Bakterienisolate und 10 Pilzisolat, die *in-vitro* die höchste Aktivität gezeigt hatten, wurden anschließend im Gewächshaus an Topfreben auf Wirksamkeit gegen die Schwarzfäule überprüft. Als Kultivierungsdauer wurde für den ersten Versuch (Bakterien und Pilze) 2 Tage, für die zweite Testserie (Pilze) 11 Tage gewählt (Abb. 40). Es wurde wieder der Kulturüberstand verwendet. In beiden Versuchen konnten selbst bei der hohen, wirtschaftlich nicht vertretbaren Konzentration von 10% keine befriedigenden Wirksamkeiten erzielt werden. Vereinzelt trat sogar eine Förderung der Krankheit auf. In einem dritten Versuch wurde die gesamte Kultur (10 %ige Verdünnung von Medium und Zellen) der Isolate Kont. 2, SLU 3 und *B. subtilis* (isoliert aus dem Präparat Serenade) nach 48-stündiger Anzucht verwendet. Es wurde wieder nur ein mäßiger Bekämpfungserfolg von 68 bzw. 70 % erzielt (Ergebnisse nicht dargestellt).

In einem weiteren Versuch wurden Konidiosporen (5×10^6 /ml) von zwei potenziellen Hyperparasiten sowie ein 10%iger Überstand einer Kultur des *B. subtilis*-Isolates aus dem Präparat Serenade appliziert (Abb. 41). Die beste Wirksamkeit (80 %) hatte das Präparat Serenade.

Da mit keinem der hier neu geprüften Mikroorganismen eine befriedigende Wirkung erzielt wurde, und mit Serenade ein vergleichsweise wirksames, bereits zugelassenes Mikroorganismenpräparat zur Verfügung steht, wurden weitere Arbeiten auf die wesentlich wirksameren Pflanzenextrakte konzentriert.

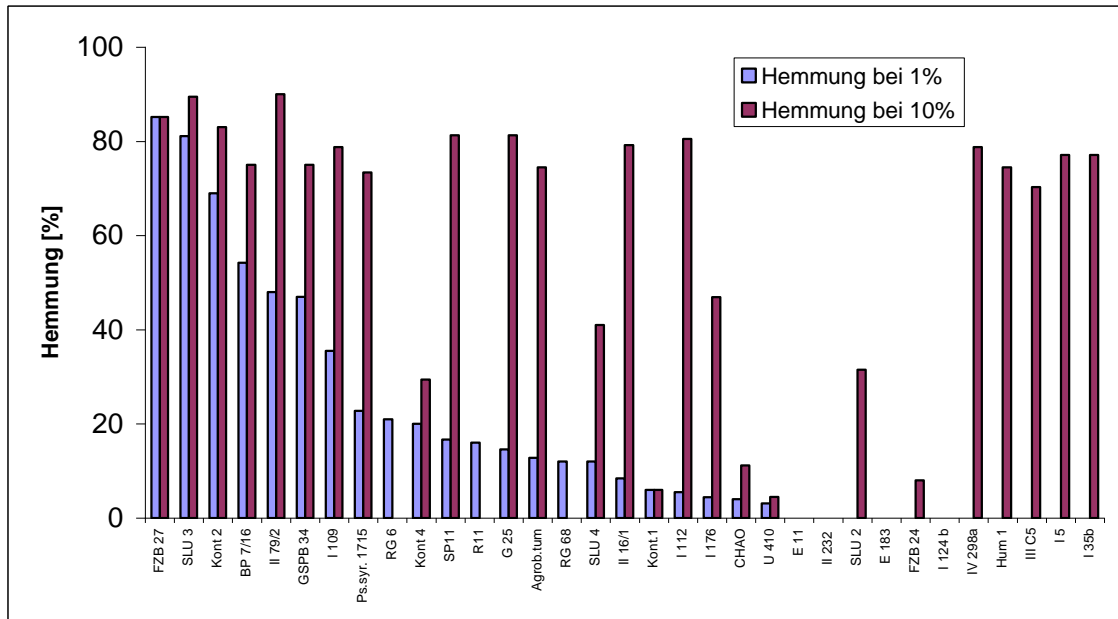


Abb. 38: Einfluss von Kulturüberständen verschiedener Bakterien auf das Myzelwachstum des Schwarzfäulepilzes

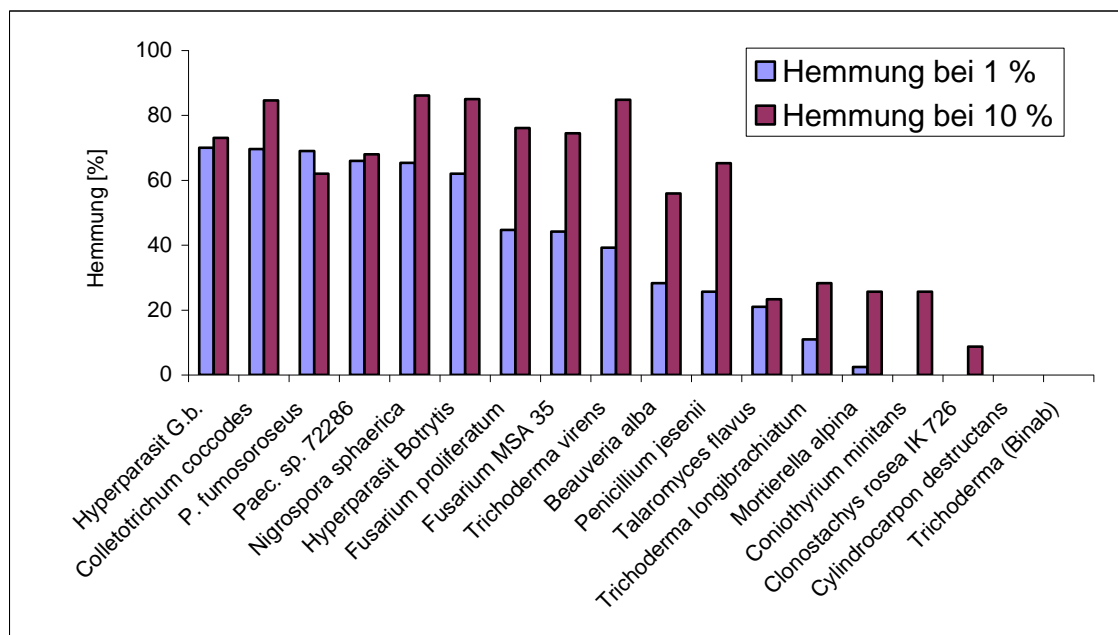


Abb. 39: Einfluss von Kulturfiltraten verschiedener Pilze auf das Myzelwachstum des Schwarzfäulepilzes

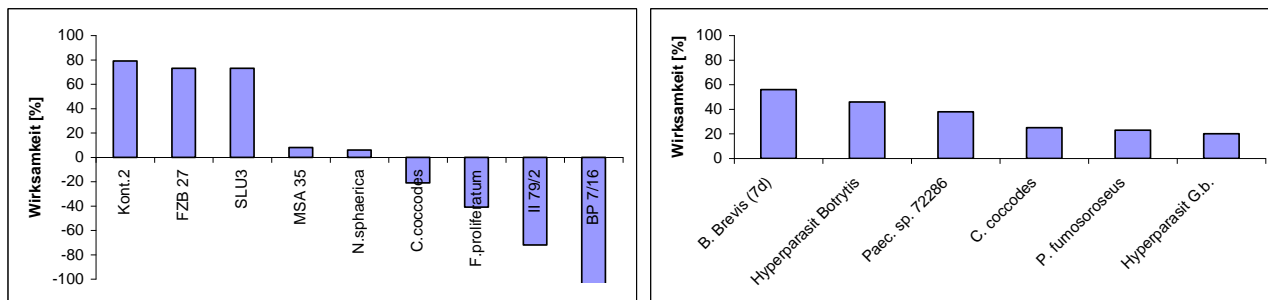


Abb. 40: Links: Entwicklung des Schwarzfäule-Befalls an Topfreben nach Applikation von Kulturüberständen (10%) ausgewählter Bakterien (Kont. 2, FZB 27, SLU3) und Pilze (Anzucht-dauer der Mikroorganismen: 2 Tage). Rechts: Entwicklung des Schwarzfäule-Befalls an Topfreben nach Applikation von Kulturüberständen (10%) des Bakteriums *B. brevis* und ausgewählter Pilze (Anzucht-dauer 11 Tage, *B. brevis* 7 Tage).

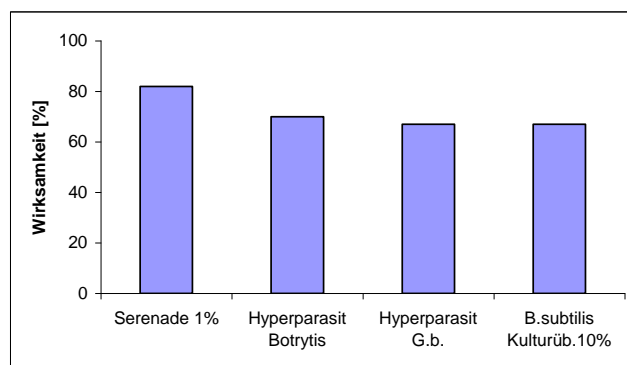


Abb. 41: Entwicklung des Schwarzfäule-Befalls an Topfreben nach Applikation von Konidien-suspensionen zweier potentieller pilzlicher Hyperparasiten und eines 10 %igen zell-freien Kulturüberstandes des Bakteriums *B. subtilis*. Als Referenz dient eine 1 %ige Suspension.

3.4.1.2. Selektion wirksamer Pflanzenextrakte

Ethanolische Pflanzenextrakte wurden im Gewächshaustest zunächst in 10%iger Konzentration (= 5 % bezogen auf die Pflanzeneinwaage) an Topfreben getestet. Wirksame Extrakte wurden auch bei niedrigeren Konzentrationen geprüft. Etwa die Hälfte der Extrakte hatte einen hemmende, die andere Hälfte eine eher fördernde Wirkung auf die Schwarzfäule. Die Ergebnisse aus den verschiedenen Versuchen sind in Abb. 42 zusammengefasst. Am wirksamsten war der Extrakt aus der Primelwurzel, gefolgt vom Efeu-Extrakt. Sowohl Primelwurzel als auch Efeu enthalten Saponine. Diese saponinhaltigen Extrakte, aber auch saponinhaltige Präparate der dänischen Firma Nor-Natur und das chinesische Biofungizid Vegard, das von der Firma Kingbo vertrieben wird, zeigten auch bei Konzentrationen unter 1 % eine gute Wirkung (Tab. 16).

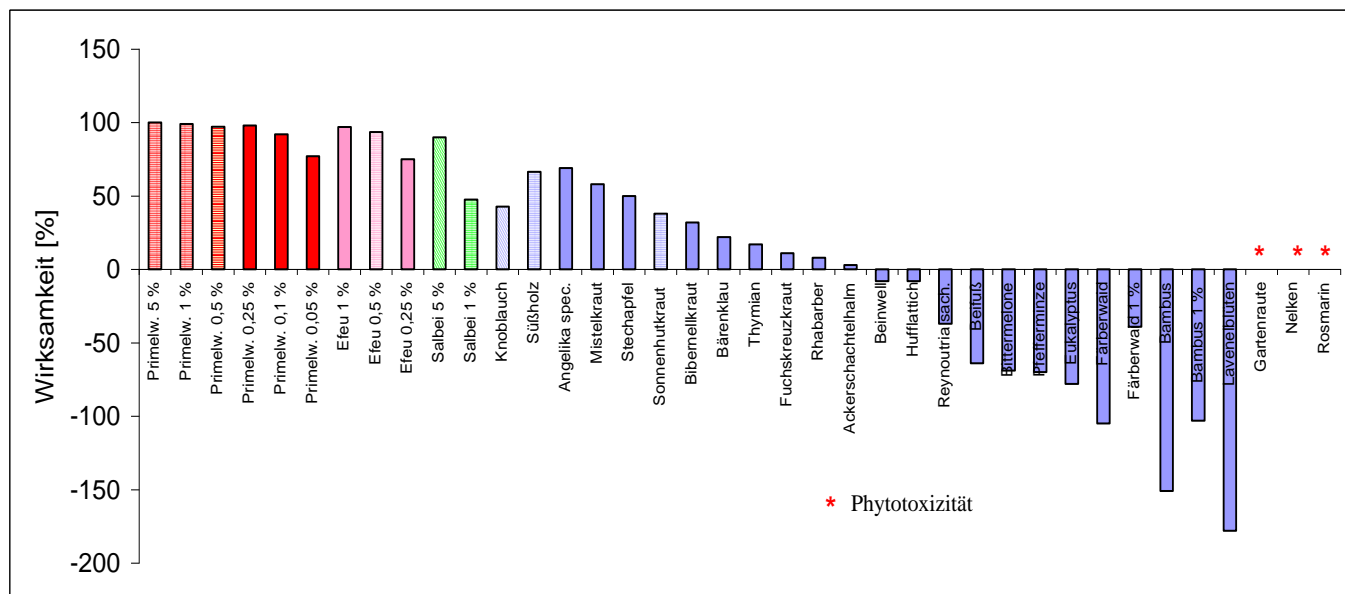


Abb. 42: Bekämpfung der Schwarzfäule an Topfreben mit Pflanzenextrakten. Soweit nicht anders angegeben, betrug die Extraktkonzentration 5 %. Bei den Säulen mit Netzmuster, Schrägstreifung bzw. Querstreifung handelt es sich um Mittelwerte aus 2, 3 bzw. 6 Versuchen.

Tab. 16: Bekämpfung der Schwarzfäule an Topfreben mit saponinhalten kommerziellen und Entwicklungspräparaten und dem Biofungizid Vegard.

Präparat	Konz. [%]	Anzahl Versuche	Wirksamkeit [%]
Bockshornklee	5	1	87
Bockshornklee	1	1	12
Norponin	5	1	100
Norponin	1	2	94,5
Norponin	0,5	3	93,3
Norponin	0,25	1	77
Norponin	0,125	1	29
Quillaja	5	2	86,5
Quillaja	1	1	95
Quillaja	0,5	1	74
Quinoa	5	2	98
Quinoa	1	1	94
Quinoa	0,5	2	90,5
Quinoa	0,25	1	76
Quivet 541	5	1	96
Quivet 541	1	1	68
Nor-Spice Te	5	2	98
Nor-Spice Te	1	1	96
Nor-Spice Te	0,5	2	94,5
Nor-Spice Te	0,25	2	84
Vegard	0,5	2	94,3
Vegard	0,25	2	92,5
Kontrolle	-	11	(Durchschnittlicher Befall: 26,1%)

3.4.2. Untersuchungen zum Wirkmechanismus

Eine möglichst genaue Kenntnis des Wirkmechanismus von Pflanzenextrakten ist wichtig im Hinblick auf die Wahl des optimalen Behandlungszeitpunktes, die Kombinierbarkeit verschiedener Mittel, die Charakterisierung der Sortenresistenz, die Charakterisierung resistenzinduzierender Mittel (sofern zutreffend), und die Anwendung von Bekämpfungsmitteln auf Sorten unterschiedlicher Resistenz. Versuche wurden durchgeführt, um den Einfluss ausgewählter Mittel auf die Sporenkeimung (resp. Konidienkeimung) und die Appressorienbildung von *G. bidwellii* zu ermitteln. Diese Versuche wurden auf Objektträgern *in vitro* und auf Blattscheiben durchgeführt. Weiterhin wurden diese Parameter an Topfreben untersucht.

3.4.2.1. Keimtests mit Pyknosporen auf Objektträgern

Zunächst wurde ermittelt, auf welchen Substanzen und Materialien die Pyknosporen des Schwarzfäulepilzes analog der Situation auf dem Wirt keimen und Appressorien bilden. Laut Literatur findet die Keimung und Appressorienbildung nur auf hydrophoben Oberflächen statt. Auf Wasseragar waren zwei Tage nach Inokulation ca. 44% der Sporen gekeimt, nach sechs Tagen waren es ca. 80%, aber es erfolgte keine Appressorienbildung. Auf Cellophan war die Sporenkeimung ebenfalls sehr hoch, aber es gab nur sehr wenige Appressorien. Dagegen waren auf Kollodium bereits zwei Tage nach Inokulation mehr als 80% der Sporen gekeimt, und fast alle hatten Appressorien gebildet (Abb. 43). Auf den Kollodium-Membranen betrug die durchschnittliche Keimschlauchlänge ca. 45 µm. Auf Wasseragar und Cellophan waren die Keimschläuche erheblich länger.

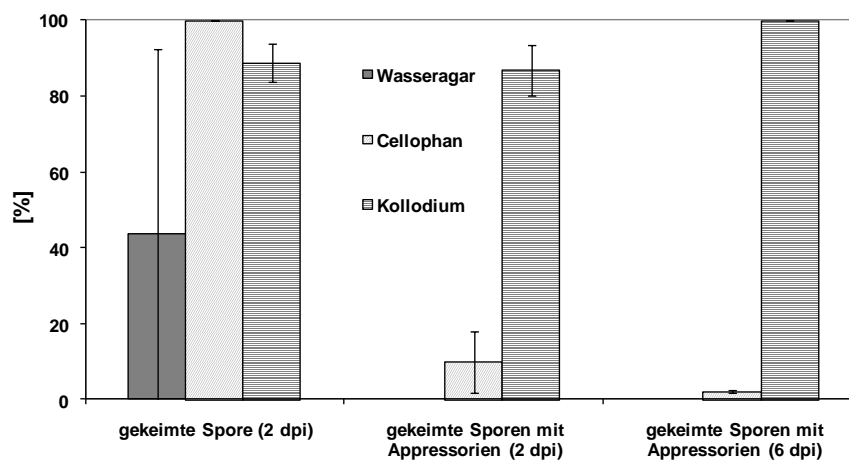


Abb. 43: Keimung und Appressorienbildung *in vitro* auf verschiedenen Oberflächen. Cellophan und Kollodium-Membranen lagen auf Wasseragar.

In einem weiteren Versuch lagen die Kollodiummembranen auf Wasseragar, der verschiedene Bekämpfungsmittel enthielt. Auf reinem Wasseragar war die Keim- und Appressorienbildungsrate sehr hoch, ebenso bei der Ethanol-Variante und Serenade. Auf Wasseragar, der das Pflanzenschutzmittel Polyram-Combi enthielt, fand keine Keimung und keine Appressorienbildung statt. Der Primelwurzel-Extrakt war ähnlich gut wirksam. Im Falle von Frutogard, Bion und Efeu-Extrakt waren 50 – 70 % der Sporen gekeimt, aber nur ein Teil hatte Appressorien gebildet. Letzteres galt auch für Vegard, wobei dieses Mittel die Sporenkeimung zu fördern schien (Abb. 44).

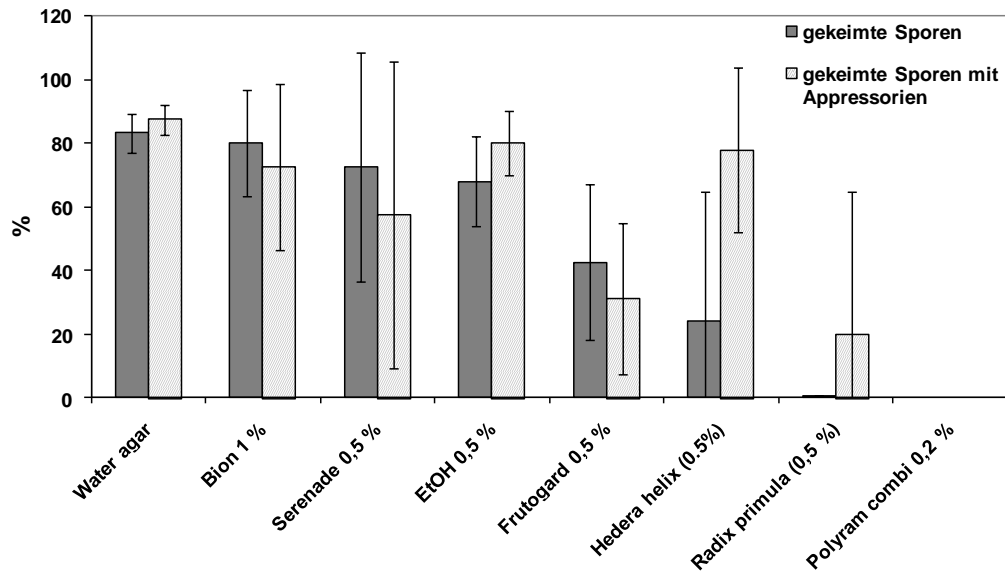


Abb. 44: Keimung und Appressorienbildung auf Kollodium-Membranen, die auf Wasseragar lagen, der verschiedene Mittel enthält (48 hpi).

3.4.2.2. Keimtests mit Pyknosporen auf Blattscheiben

Um festzustellen, ob die Hemmung *in vivo* ähnlich erfolgt wie *in vitro* wurden Pflanzen inokuliert und nach 24 h wurde der Anteil gekeimter Sporen ermittelt (Tab. 17). Nach Applikation von Primelwurzelextrakt war die Sporenkeimung unterbunden oder ganz erheblich reduziert. Entsprechend gut war die Befallsreduktion. Der chemische Resistenzinduktor Bion führte nur zu einer ca. 50%igen Keimungshemmung. Dennoch blieben die Topfreben nach der Inokulation weitgehend befallsfrei (nicht gezeigt). Das könnte darauf hindeuten, dass Frutogard ähnlich wie Bion als Resistenzinduktor wirkt.

Tab. 17: Sporenkeimung auf Rebblättern (Topfreben) nach Applikation von Bion, Frutogard oder Primelwurzelextrakt. Ergebnisse aus insgesamt vier Versuchen mit jeweils zwei Wiederholungen pro Behandlung.

Präparat	n ¹	% Keimung (relativ; Unbehandelt = 100)	
		Mittelwert	Standardabweichung
Bion WG50 (0.1%)	593/603	53,4	0,6
Frutogard (1.5%)	594/955	70,2	18,2
Radix primula (0.5%)	438/603	1,8	2,5
Untreated	513/1451/793/845	(57.9) ²	(8,7) ²

¹ Anzahl der pro Experiment ausgewerteten Sporen

² Mittelwert und Standardabweichung der absoluten Keimrate (%) auf unbehandelten Blättern

3.4.2.3. Inokulationsversuche an Topfreben

Zwei Tage nach Inokulation war die Keimrate der Sporen in den Wasserkontrollen auf den Rebsorten Helios und Solaris signifikant geringer als auf Riesling. Bei den (vergleichsweise wenigen) gekeimten Sporen war die Appressorienbildung weniger deutlich beeinflusst. Nach Inokulation der Riesling-Kontrollen wurden in Abhängigkeit von der behandelten Blattseite kaum Unterschiede bei der Sporenkeimung und Appressorienbildung beobachtet. Nach Behandlung mit dem Primelwurzel-Extrakt waren auf beiden Sorten nur weniger als 5 % der Sporen gekeimt, von denen jeweils ca. 50 % Appressorien gebildet hatten. Damit glich das Verhalten nach Primelwurzelbehandlung auf der ganzen Pflanze dem auf Kollodium-Membranen. Nach Behandlung mit Frutogard war die Sporenkeimungs- und Appressorienbildungsrate auf Riesling ähnlich wie in der Wasserkontrolle. Ein ähnlicher, aber weniger deutlicher Effekt wurde auf Helios beobachtet (Abb. 45).

Trotz ähnlicher Werte für Sporenkeimung und Appressorienbildung auf Blattober- und Blattunterseite von Riesling war klar erkennbar, dass die auf der Blattunterseite inokulierten Blätter deutlich stärkere Symptome aufwiesen. Solaris blieb meist befallsfrei. Der Primelwurzel-Extrakt verringerte den Befall auf Riesling und Helios deutlich.

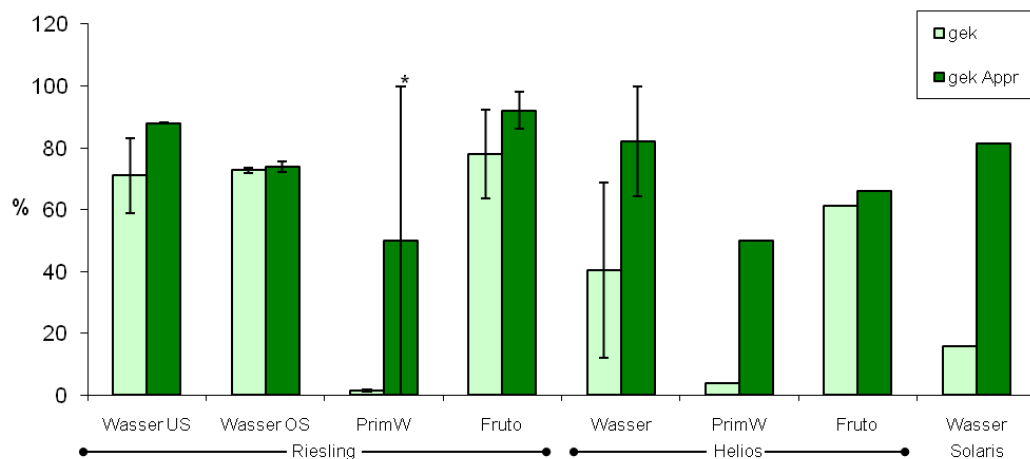


Abb. 45: Vergleich der Sporenkeimung auf Reben der Sorten Riesling, Helios und Solaris Hellgrün: Anteil der gekeimten Konidien an der Gesamtsporenzahl, dunkelgrün: Anteil der gekeimten Konidien mit Appressorium an der Anzahl der gekeimten Sporen (Mittelwerte aus je 300 Sporen mit Standardfehler, Helios PrimW, Helios Fruto und Solaris jeweils nur 100 Sporen)* = Wert beruht auf nur zwei gefundenen gekeimten Sporen, 1 davon mit Appressorium (siehe Text) Primelwurzel-Extrakt (PrimW), Frutogard (Fruto), Blattoberseite (OS), Blattunterseite (US).

3.4.3. Optimierung der Wirkung von Primelwurzel-Extrakt

Stellvertretend für die verschiedenen saponinhaltigen Präparate, die in den vorangegangenen Untersuchungen eine gute Wirksamkeit gegenüber der Schwarzfäule gezeigt hatten, wurde die Wirkungsweise des Primelwurzel-Extrakts genauer untersucht und die Versuche zur Optimierung der Wirkung durchgeführt

3.4.3.1. Versuche zum Wirkmechanismus und zum Wirkungsspektrum

Um zu klären, ob der Primelwurzel-Extrakt fungizid wirksam ist, wurde der ethanolische Extrakt in unterschiedlichen Konzentrationen in Agarmedien inkorporiert, die anschließend mit verschiedenen Pilzen beimpft wurden.

Der Primelwurzel-Extrakt war nur sehr schwach gegenüber *Rhizoctonia solani* und *Pythium ultimum* wirksam. Bei beiden Pilzen ist die fehlende Hemmung bei der Extraktkonzentration von 5% bzw. 3% darauf zurückzuführen, dass die dazugehörigen Ethanolkonzentrationen (= 10% bzw. 6%) bereits zu einer 100 %igen Hemmung führten. Die stärkste Wirkung des Primelwurzel-Extraktes wurde gegenüber dem Schwarzfäule-Erreger festgestellt (Abb. 46).

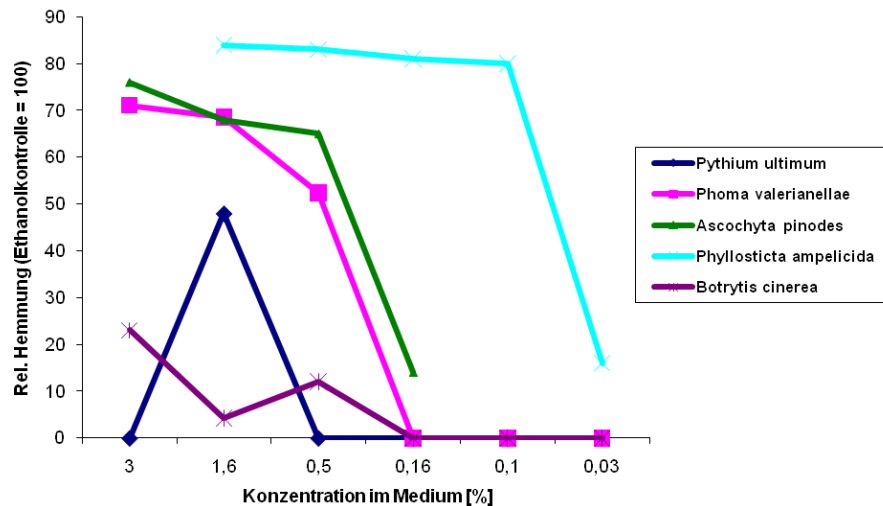


Abb. 46: Wirkung des Primelwurzel-Extraktes auf das Myzelwachstum von *R. solani* und *F. culmorum* (links) und verschiedener anderer Pilze (rechts).

In vorherigen Versuchen war der Einfluss verschiedener selektierter Mittel auf die Entwicklung des Schwarzfäulepilzes *in vitro* untersucht worden. Um festzustellen, ob die Hemmung *in vivo* in gleicher Weise erfolgt, wurden Pflanzen zunächst inokuliert und nach 24 h wurde der Anteil gekeimter Sporen ermittelt (Abb. 47). Nach Applikation von Primelwurzel-Extrakt oder Vegard war die Sporenkeimung unterbunden oder ganz erheblich reduziert. Entsprechend gut war die Befallsreduktion. Der chemische Resistenzinduktor Bion führte nur zu einer ca. 50%igen Keimungshemmung. Dennoch blieben die Topfreben nach der Inokulation weitgehend befallsfrei (Abb. 48). Letzteres galt ebenfalls für Frutogard, dass allerdings die Sporenkeimung teilweise stärker hemmte als Bion. Diese Befunde können darauf hindeuten, dass Frutogard ähnlich wie Bion als Resistenzinduktor wirkt. Die deutlich unterschiedliche Wirkungsweise von Primelwurzel und Frutogard geht aus Abb. 49 hervor: bei protektiver Anwendung wirkt der Extrakt aus Primelwurzel deutlich besser als Frutogard. Bei Anwendung 24 h nach der Inokulation (d.h. früher kurativer Einsatz) zeigte der Extrakt aus Primelwurzel keinerlei Wirkung mehr, während Frutogard besser wirkte als bei protektiver Anwendung.

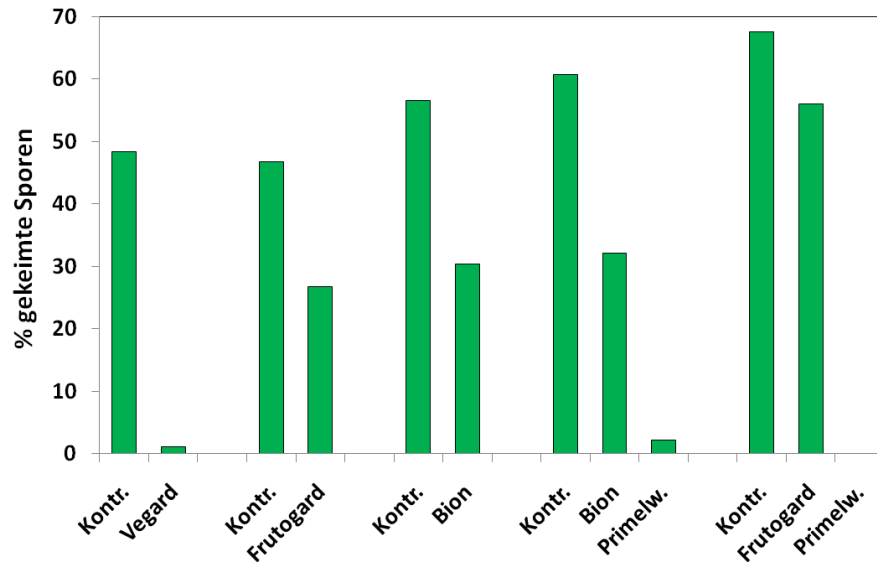


Abb. 47: Einfluss verschiedener Mittel auf die Keimung von Sporen von *G. bidwellii* auf Blättern der Rebsorte Riesling (24 hpi). Ergebnisse mehrerer Einzelversuche.

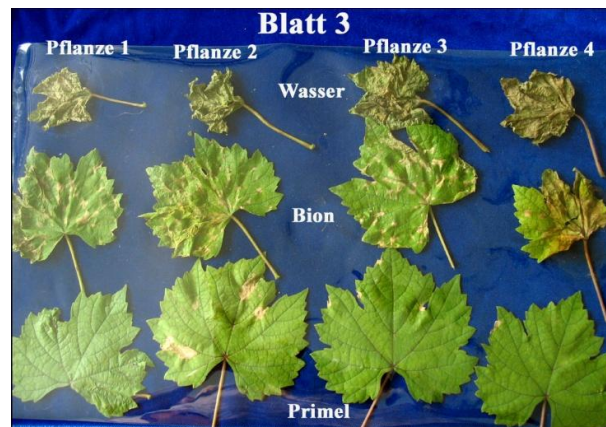


Abb. 48: Befallsbild an Rebblättern, die mit dem Resistenzinduktor Bion sowie Primelwurzeln-Extrakt behandelt und mit Schwarzfäulesporen inokuliert wurden (13 dpi).

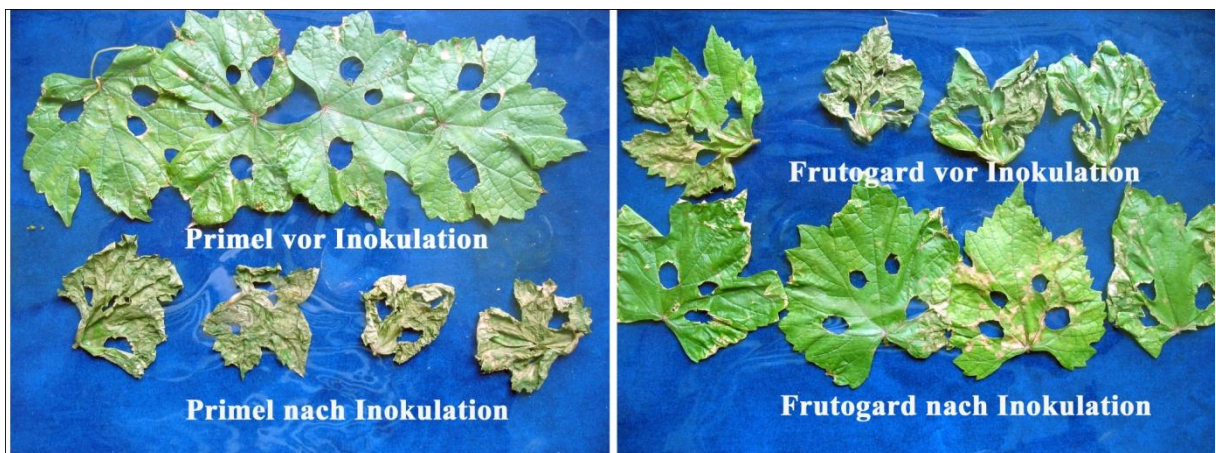


Abb. 49: Vergleich der Wirkung von Primelwurzeln-Extrakt und Frutogard bei protektiver und kurativer Anwendung. Obere Reihe: Behandlung mit Primelwurzeln und Frutogard 24 h vor Inokulation (=protektive); untere Reihe: Behandlung 24 h nach Inokulation (=kurativ).

3.4.3.2. Wirksamkeitsversuche mit Kombinationen verschiedener Präparate

Mehrere Versuche wurden durchgeführt um zu ermitteln, ob sich die Wirksamkeit des Primelwurzel-Extraktes durch gemeinsame Applikation mit anderen Agenzien steigern lässt. In diesen Versuchen reduzierte der Primelwurzel-Extrakt meist die Befallsstärke, aber nicht immer die Befallshäufigkeit. Mischungen von Primelwurzel-Extrakt mit Frutogard und Vegard schienen etwas wirksamer zu sein als die Einzelkomponenten (Abb. 50), allerdings waren die Unterschiede nur sehr gering. Im Falle der Mischung aus Primelwurzel-Extrakt und Serenade war das Ergebnis nicht eindeutig (Abb. 51).

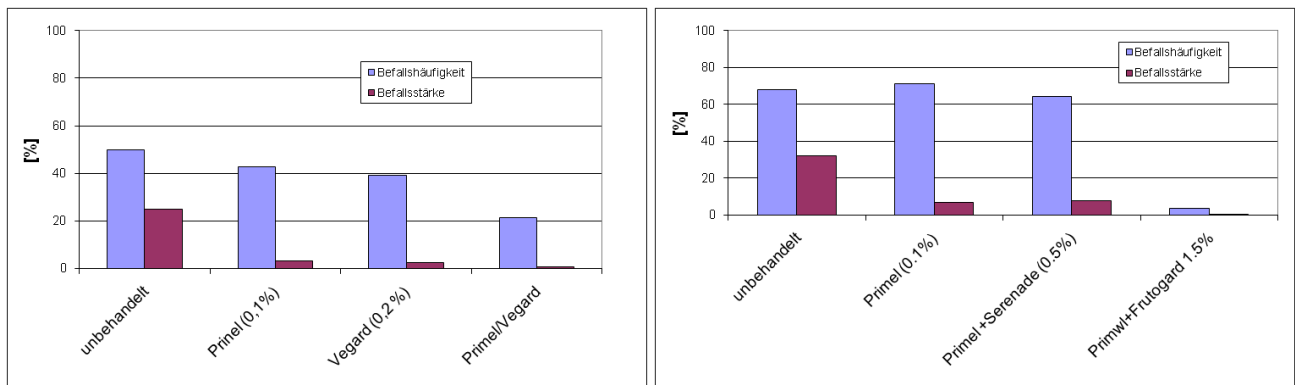


Abb. 50: Links: Kombinationen Primelwurzel (0,1 %) und Vegard (0,2 %).
 Rechts: Kombinationen Primelwurzel (0,1 %) mit Serenade oder Frutogard.

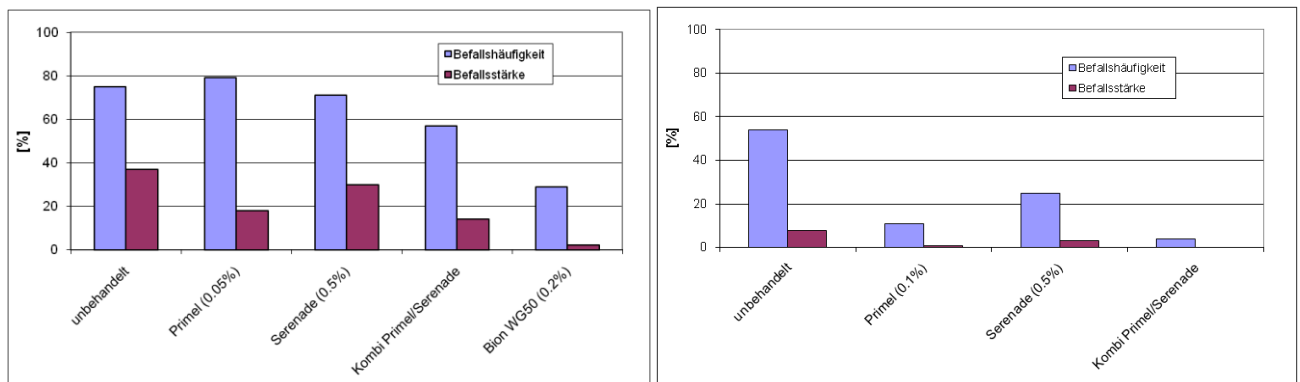


Abb. 51: Links: Kombinationen Primelwurzel (0,05 %) und Serenade (0,5 %).
 Rechts: Kombinationen Primelwurzel (0,1 %) und Serenade (0,5 %).

3.4.3.3. Ermittlung der UV-Stabilität von Primelwurzel-Extrakt

Mit Primelwurzel-Extrakt (0.5%) behandelte Topfreben wurden vier Stunden lang der natürlichen Sonnenstrahlung (sonniger Tag) ausgesetzt. Die Kontrollpflanzen blieben im Gewächshaus. Am nächsten Tag wurden die Pflanzen mit einer Pykniadiensuspension inokuliert. Die Mittelwerte der Wirksamkeit aus zwei Versuchsserien betragen 90 % bei den besonnten Reben und 80 % bei den im Gewächshaus gehaltenen Kontrollpflanzen. Die gute Wirksamkeit des Primelwurzel-Extraktes blieb also trotz des UV-Einflusses erhalten.

Wässriger, unverdünnter Primelwurzel-Extrakt wurde 60 min (Versuch 1) bzw. 105 min (Versuch 2) unter der UV-Lampe der Sterilbank aufgestellt. Danach wurde der Extrakt steril filtriert und in noch warmen, flüssigen PDA gegeben (Endkonzentration 0.5 bzw. 0.05%), der anschließend in Petrischalen gegossen wurde. Bei den Kontrollplatten wurde nicht mit UV-

Licht behandelte Extrakt verwendet. Die Platten wurden mit *G. bidwellii* beimpft. Nach 10-tägiger Inkubation bei 20 °C wurde der Myzeldurchmesser bestimmt. Die Hemmwirkung des Primelwurzel-Extraktes auf das Myzelwachstum von *G. bidwellii* blieb in beiden Varianten trotz UV-Bestrahlung erhalten.

3.4.3.4. Verbesserung der Regenfestigkeit von Primelwurzel-Extrakt

Die Wasserlöslichkeit der Saponine kann bei feuchter Witterung aufgrund der Abwaschung zu Problemen in Bezug auf die Wirkungssicherheit führen. Daher wurde untersucht, ob sich durch den Zusatz von im ökologischen Weinbau zulässigen Netz- und Haftmitteln oder durch Gummi arabicum die Regenfestigkeit des Primelwurzel-Extraktes verbessern lässt.

Netz- und Haftmittel:

Topfreben wurden mit Primelwurzel-Extrakt (0.5%) mit oder ohne Zusatz der Netzmittel Nu-Film 17 (Andermatt Biocontrol AG), Nu-Film P, Trifolio-S-Forte (Biofa AG), Pro Net-Alfa (Proagra) oder Designer (Spiess Urania) behandelt. Ein Teil der Pflanzen wurde eine Stunde bzw. 24 Stunden nach der Behandlung mit 1 l Wasser/Pflanze abgebraust. Nach dem Abtrocknen wurden die Pflanzen inokuliert. Die Ergebnisse sind im Folgenden für jedes Netz bzw. Haftmittel zusammengefasst dargestellt:

- Nu-Film 17: Allein angewendet bewirkte das Mittel in einem Versuch eine Befallshemmung und in einem anderen eine Befallsförderung. In Mischung mit dem Primelwurzel-Extrakt blieb dessen gute Wirksamkeit erhalten (= ohne Abduschen). Durch Abduschen des Primelwurzel-Extraktes wurde dessen Wirksamkeit vermindert. Der Zusatz des Mittels zum Primelwurzel-Extrakt konnte den Wirksamkeitsverlust nicht verhindern.
- Nu-Film P: Im einzigen Versuch, in dem das Mittel allein geprüft wurde, bewirkte es eine Befallszunahme. Die Mischung des Mittels mit dem Primelwurzel-Extrakt ohne nachfolgendes Abwaschen wurde nicht untersucht. Durch Abduschen des Primelwurzel-Extraktes wurde dessen Wirksamkeit vermindert. Der Zusatz des Mittels zum Primelwurzel-Extrakt konnte den Wirkungsverlust nicht verhindern.
- Trifolio-S-Forte: Allein angewendet bewirkte das Mittel in einem Versuch eine leichte Befallshemmung und in einem anderen eine leichte Befallsförderung. In Mischung mit dem Primelwurzel-Extrakt blieb dessen gute Wirksamkeit erhalten (=ohne Abduschen). Durch Abduschen des Primelwurzel-Extraktes wurde dessen Wirksamkeit vermindert. Auch im Falle des Primelwurzel-Extraktes konnte das Netzmittel den Wirkungsverlust nicht verhindern.
- Pro Net-Alfa: Im einzigen Versuch, in dem das Mittel allein geprüft wurde, bewirkte es eine Befallszunahme. In Mischung mit dem Primelwurzel-Extrakt blieb dessen gute Wirksamkeit erhalten (=ohne Abduschen). Durch Abduschen des Primelwurzel-Extraktes wurde dessen Wirksamkeit vermindert. Der Zusatz des Mittels zum Primelwurzel-Extrakt konnte den Wirkungsverlust nicht verhindern.
- Designer: Im einzigen Versuch, in dem das Mittel allein geprüft wurde, bewirkte es eine leichte Befallszunahme. In Mischung mit dem Primelwurzel-Extrakt blieb dessen gute Wirksamkeit erhalten (=ohne Abduschen). Durch Abduschen des Primelwurzel-Extraktes wurde dessen Wirksamkeit vermindert. Der Zusatz des Mittels zum Primelwurzel-Extrakt konnte den Wirkungsverlust nicht verhindern.

Als Fazit lässt sich festhalten, dass der gewünschte Effekt, eine Erhöhung der Regenfestigkeit des Primelwurzel-Extraktes, mit keinem der geprüften Netz- und Haftmittel erzielt werden konnte.

Gummi arabicum:

Der Einfluss von Gummi arabicum auf die Regenfestigkeit wurde durch Abduschen der Pflanzen mit einer Handbrause nach Applikation der Mittel untersucht. In den zwei Versuchen mit Primelwurzel-Extrakt hatte dieser eine Wirksamkeit von nahezu 90 %. Ob die nach Zugabe von Gummi arabicum beobachtete leichte Wirkungssteigerung (Tab. 18, Vers. A, Vers. B) signifikant war, ist unsicher. Das gilt ebenfalls für die beobachtete Verbesserung der Regenfestigkeit, die sowohl mit Primelwurzel-Extrakt allein (Vers. B) als auch – allerdings bei sehr geringem Befall- für die Mischung Primelwurzel-Extrakt + Schwefel beobachtet wurde (Vers. C). Um in diesem Bereich ein aussagekräftiges Ergebnis zu erhalten, sind weitere Versuche erforderlich

Tab. 18: Einfluss von Gummi arabicum auf die Regenfestigkeit

Versuchsvariante	Wirksamkeit [%]		
	Versuch A	Versuch B	Versuch C
Wasserkontrolle (Befall)	72	47	14
Primel (0,5%)	86	88	
Primel + Gummi arab. (1%)	93	92	
Primel geduscht		82	
Primel + Gummi arab. (1%) geduscht		90	
Primel + Gummi arab. (0,5%) geduscht		87	
Primel (0,5%) + Schwefel (0,05)			96
Primel (0,5%) + Schwefel (0,05) geduscht			87
Primel (0,5%) + Schwefel (0,05) + Gummi arab. (1%) geduscht			98
Gummi arabicum (1%)			< 0

3.5. Wirksamkeit von Pflanzenschutz- und Pflanzenstärkungsmitteln in Labor- und Gewächshausversuchen

In Labor- und Gewächshausversuchen wurde die Wirksamkeit von für die Anwendung im ökologischen Weinbau geeigneten Pflanzenstärkungsmitteln und Pflanzenschutzmitteln geprüft. Ziel war es, die Eignung dieser Präparate für die Bekämpfung der Schwarzfäule zu bewerten, ihre Wirkung zu charakterisieren und geeignete Präparate für Freilandversuche zu identifizieren.

3.5.1. Identifikation gegen die Schwarzfäule wirksamer Pflanzenschutz- und Pflanzenstärkungsmittel unter Gewächshausbedingungen

Zunächst wurde das unter 2.4.2.2 beschriebene Testverfahren mit Gewächshausreben entwickelt und erprobt. Mit dieser Methode wurden die in Tab. 19 gelisteten Agenzien getestet und bewertet.

Der Versuchsansatz erwies sich als geeignet zur Bewertung der Wirksamkeit der Prüfmittel im Gewächshaus. In allen Präparategruppen mit Ausnahme der Algenextrakte, Hydrogencarbonate und Gesteinsmehle konnten Agenzien mit guter bis sehr guter Wirksamkeit, die an die Wirkung des als Vergleichsmittel verwendeten Fungizids Polyram heranreichte, identifiziert werden.

Als am besten wirksam an Rebblättern unter Gewächshausbedingungen stellte sich das Netzschwefel-Präparat Thiovit Jet heraus. Ebenfalls eine gute bis sehr gute Wirksamkeit zeigten Pflanzenextrakte, welche sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe aus der Gruppe der Saponine enthalten. Besonders eigneten sich hierbei Extrakte aus Waschnuss (*Sapindus mukorossi*), Schlüsselblume (*Primula veris*), Yucca (*Yucca schidigera*) und Teesamen (*Camellia* sp.).

Eine mittlere Wirkung wiesen kupferhaltige Präparate, die Pflanzenextrakte TRF 110, BioBlatt Mehлтаumittel, Elot-Vis und Equisetum plus, die Gesteinsmehle Myco-Sin VIN und Rocksil, verschiedene Netzmittel sowie Frutogard auf. Das Pflanzenstärkungsmittel Frutogard (einer der Bestandteile: phosphorige Säure) zeigte neben einer protektiven auch eine leichte kurative Wirksamkeit.

Bei allen anderen getesteten Prüfsubstanzen ergaben sich keine oder nur geringe Effekte gegenüber *G. bidwellii*. Bei Anwendung einiger Prüfsubstanzen trat leichte bis mittlere Phytotoxizität auf. Als Beispiel für die Ergebnisse der Wirksamkeitsuntersuchungen sind in Abb. 52 die Ergebnisse eines Versuches aus dem Jahr 2007 dargestellt, in dem die bis dahin wirksamsten Prüfsubstanzen gegenübergestellt wurden. Mit 15 besonders vielversprechenden Substanzen wurden weitere Untersuchungen zur Optimierung der Wirksamkeit bzw. zur Untersuchung des Wirkpotentials durchgeführt. Neben der protektiven Wirksamkeit an Topfrebenblättern wurde für diese Prüfsubstanzen auch deren Regenfestigkeit sowie die kurative und die protektive Wirksamkeit an Trauben erfasst.

Tab. 19: Unter Gewächshausbedingungen getestete Prüfsubstanzen und deren Wirksamkeit gegenüber *Guignardia bidwellii*

Präparatgruppe	Präparat (ggf. Wirksubstanz; Spezifikation)	Wirksamkeit
Vergleichsmittel	Polyram WG (Metiram)	+++
Anorganische Präparate	Thiovit Jet (Netzschwefel)	+++
	Cueva (Kupferoktanoat)	++
	Cuprozin flüssig (Kupferhydroxid)	+
	Kupfer flüssig 450 FW (Kupferoxychlorid)	+
	Kupfersulfat	+
	Schwefelkalk (Calciumpolysulfid)	+
	Bentonit	0
	Calciumchlorid	0
	Calciumhydroxid	0
	Eisensulfat	0
	Kaliumcarbonat	0
	Kaliumpermanganat	0
Gesteinsmehle	Myco-Sin VIN	+
	Rocksil	+
	Oenosan	0
Hydrogencarbonate	Steinhauers Mehltauschreck (Natrium)	0
	Ecocarb (Kalium)	0
	VitiSan (Kalium)	0
	Kalinat (Kalium)	0
Netzmittel	ProNet-Alfa	++
	Agnique PG	+
	Agrocer 010	+
	Break Thru	0
	Nu-Film P	0
Algenextrakte	Algin Bio Perfekt	0
	Phytoamin	0
Pflanzenextrakte	TRF 110 (Rhabarber)	++
	Elot-Vis	+
	Equisetum plus (Schachtelhalm)	+
	HF-Pilzvorsorge (Fenchel und Anis)	+
	Akse-Bio (Thymian-Öl)	0
	Cocana (Kokosseife)	0
	Equisetum (Schachtelhalm)	0
	Inula viscosa	0
	Kendal, Kendal TE	0
	Knoblauchsaff	0
	Lentus	0
	Milsana (Reynoutria)	0
	Neudovital	0
	Synertröl Horti Oil (Canola-Öl)	0
Timorex (Teebaum-Öl)	0	

Tab. 19 Fortsetzung: Unter Gewächshausbedingungen getestete Prüfsubstanzen und deren Wirksamkeit gegenüber *Guignardia bidwellii*

Präparatgruppe	Präparat (ggf. Wirksubstanz; Spezifikation)	Wirksamkeit
Saponinhaltige Pflanzenextrakte	Norponin (Yucca + Citrus)	++ - +++
	Primelwurzelextrakt	++ - +++
	Tea Seed Powder (Teesamen)	++ - +++
	Waschnuss flüssig	++ - +++
	Waschnuss Pulver	++ - +++
	Norspice Quinoa (Quinoa)	++
	Quiponin (Quillaja + Teesamen)	++
	Quiwet 541 (Quillaja, Quinoa, Bockshornklee)	++
	Teawet Powder (Teesamen)	++
	Yucca Ag-Aide (Yucca)	++
	Yucca Crude Liquid (Yucca)	++
	Norspice Fenugreek (Bockshornklee)	+
	QL Agri (Quillaja)	+
Sonstige	Prüfsubstanz WBI Freiburg	++ - +++
	Frutogard	++
	BioBlatt-Mehltaumittel (Sojalecithin)	+ - ++
	Sprühmolkenpulver	0 - +
	Chitosan	0
	Ethanol	0
	FZB 24 flüssig	0
	Humin-Vital WD 70 (Huminsäuren)	0
	Kaliumwasserglas	0
	Kupferprotein	0
	Milch	0
	Propolis	0
	Serenade Max	0
	Vi-Care	0

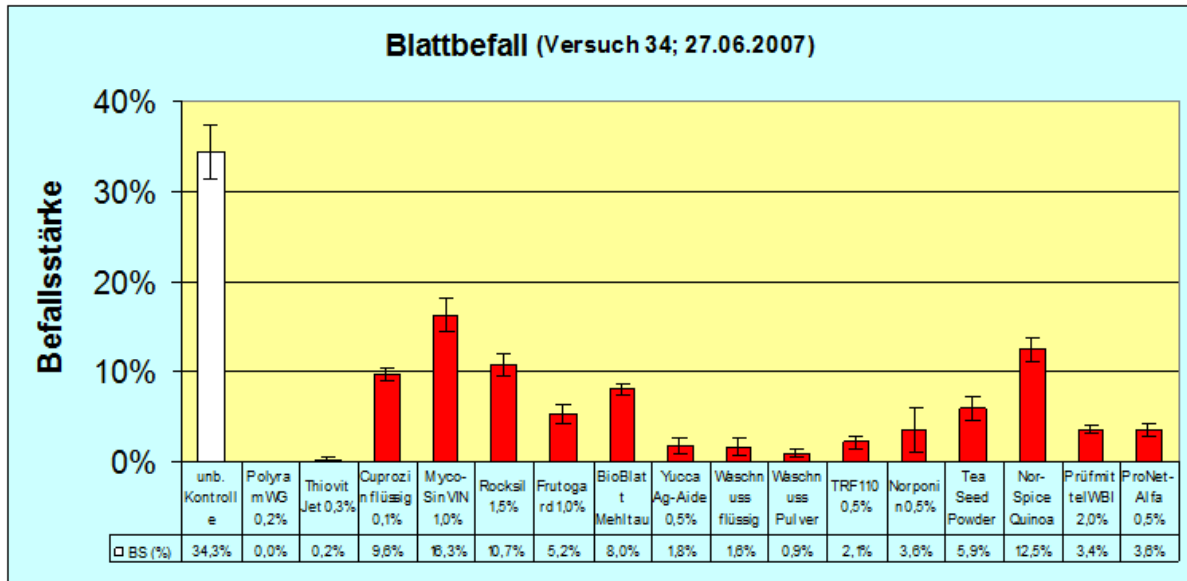


Abb. 52: Blattbefall an Topfreben nach Behandlung mit verschiedenen Prüfsubstanzen (16 dpi).

3.5.2. Optimierung der Wirksamkeit geeigneter Versuchspräparate

3.5.2.1. Keimungsversuche an Blattscheiben

Die mikroskopischen Untersuchungen wurden mit den Prüfsubstanzen Thiovit Jet, Cuprozin flüssig, Myco-Sin VIN, Frutogard, Elot-Vis und BioBlatt Mehltaumittel durchgeführt. Als Vergleichsmittel diente Polyram WG. In Abb. 53 sind die Keimungsraten nach sechs Stunden bei 20 °C zu erkennen. Das Vergleichsmittel Polyram WG als auch Cuprozin flüssig, Myco-Sin VIN, Frutogard und Elot-Vis beeinflussten die Keimung nicht oder nur in geringem Maße. Lediglich bei der Behandlung der Blattscheiben mit Thiovit Jet oder BioBlatt Mehltaumittel war die Keimungsrate deutlich reduziert.

Ebenfalls nach sechs Stunden bei 20 °C wurde der prozentuale Anteil der Sporen mit ausgebildetem Appressorium erfasst (Abb. 53). Bis auf Frutogard, welches die Appressorienbildung nur leicht beeinflusste, bewirkten alle anderen Prüfsubstanzen auf den Blattscheiben deutlich reduzierte Appressorienbildungsraten. Thiovit Jet und BioBlatt Mehltaumittel hemmten die Appressorienbildung vollständig.

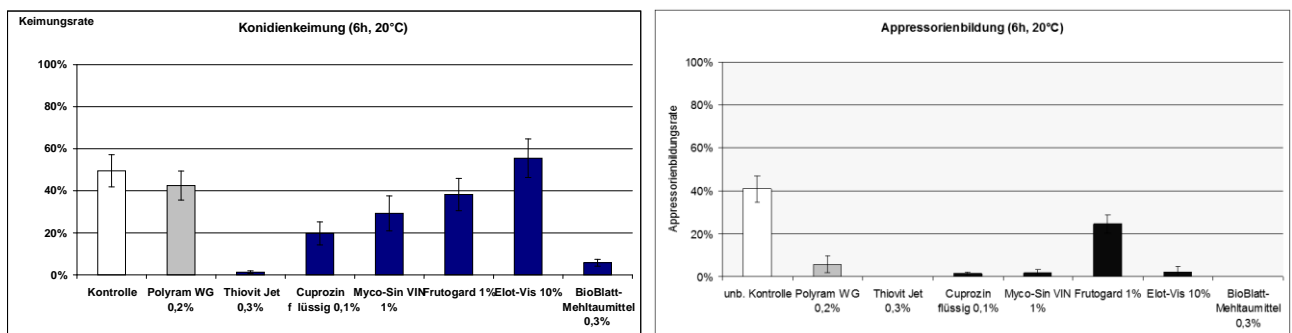


Abb. 53: Anteile gekeimter Sporen (links) und Appressorienbildungsraten (rechts) auf behandelten Blattscheiben im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle (6 hpi).

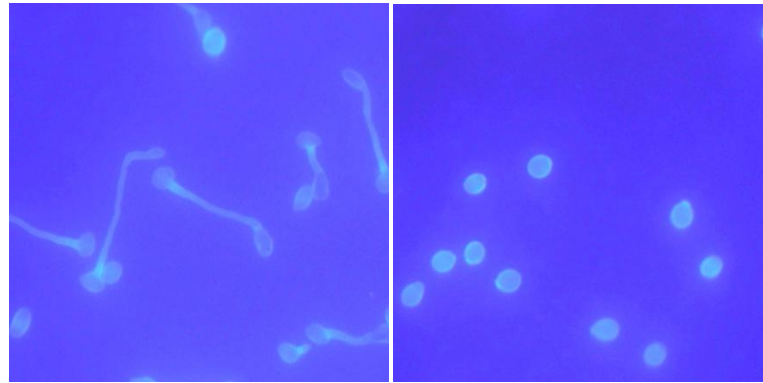


Abb. 54: Fluoreszenzmikroskopische Aufnahmen der Konidien (=Pyknosporen) von *G. bidwellii* auf Rebblättern nach sechs Stunden bei 20°C in der unbehandelten Kontrolle (links) und bei einer Behandlung mit Thiovit Jet (0,3 %)

Abb. 54 zeigt exemplarisch den Entwicklungsstand der Konidien nach sechs Stunden bei 20°C in der unbehandelten Kontrolle (links) und in der mit Thiovit Jet behandelten Variante. Bei der Kontrolle sind deutlich die ausgebildeten Keimschläuche und Appressorien zu erkennen, wohingegen bei Thiovit Jet ausschließlich ungekeimte Konidien vorlagen.

3.5.2.2. Untersuchung der protektiven und kurativen Wirkung

Bei insgesamt 15 Substanzen mit guter Wirksamkeit im Rahmen des Screenings wurde die protektive und kurative Wirkung genauer charakterisiert. Bei protektiver Anwendung erzielte das Vergleichsmittel Polyram WG in beiden Serien einen Wirkungsgrad von 100%. Bei Thiovit Jet, Waschnuss Pulver, Waschnuss flüssig, Norponin BS Liquid, Tea Seed Powder sowie dem Prüfmittel WBI lag der Wirkungsgrad im Mittel beider Serien bei über 90% (Abb. 55). Lediglich Cuprozin flüssig, Myco-Sin VIN und Frutogard zeigten Wirkungsgrade von weniger als 70%.

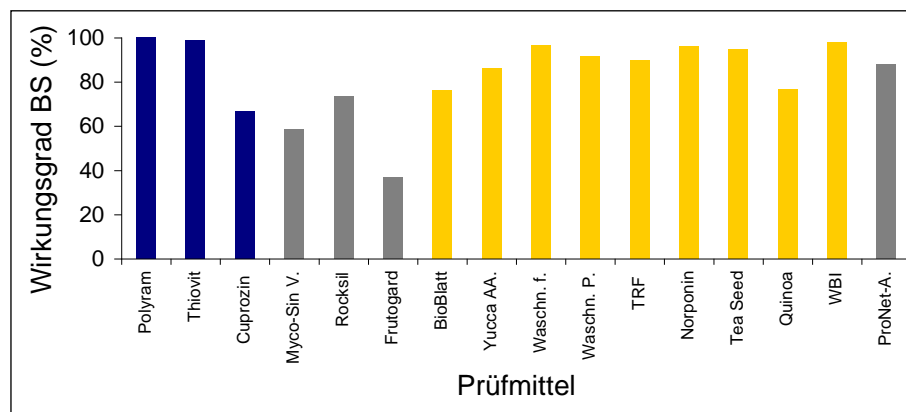


Abb. 55: Mittlere Wirkungsgrade (bezogen auf die Befallsstärke, BS) der Prüfmittel bei protektivem Einsatz an Topfrenoblenblättern unter Gewächshausbedingungen. Mittelwerte aus zwei Versuchsserien. Die Befallsstärke der unbehandelten Kontrolle lag in Serie 1 bei 25,7% und in Serie 2 bei 27,1%. Blau: Pflanzenschutzmittel; Grau: Pflanzestärkungsmittel; Gelb: Pflanzenextrakte.

Zur Überprüfung der protektiven Wirksamkeit der Prüfmittel an Beeren wurde ein Tastversuch im Freiland durchgeführt. Der Versuch wurde nicht randomisiert angelegt und enthielt keine Feldwiederholungen. Den besten Wirkungsgrad im Mittel beider Serien erzielte das Vergleichsmittel aus dem integrierten Weinbau, Polyram WG, mit 98,5% (Abb. 56). Ähnlich

hohe Wirkungsgrade von über 90% erreichten das PSM Thiovit Jet sowie die Prüfmittel Yucca Ag-Aide 50, Waschnuss flüssig, Waschnuss Pulver, TRF 110 und WBI. Frutogard erzielte den geringsten Wirkungsgrad aller getesteten Substanzen mit 24,8%. Bei allen anderen Prüfsubstanzen lag der Wirkungsgrad zwischen 50 und 90%.

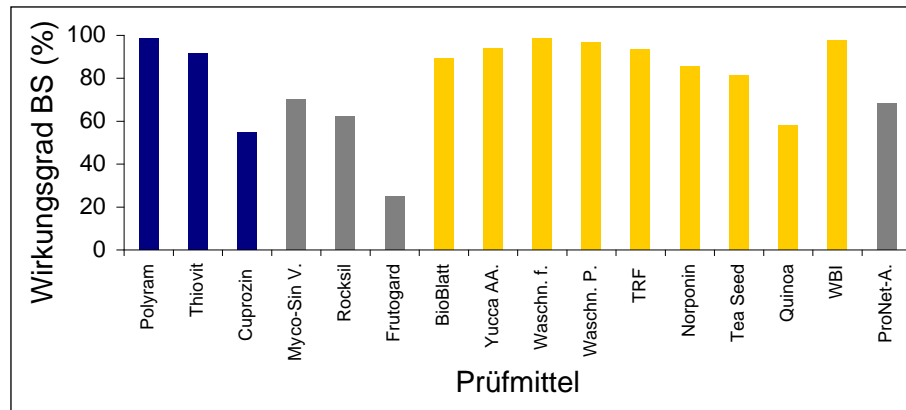


Abb. 56: Mittlere Wirkungsgrade (bezogen auf die Befallsstärke, BS) der Prüfmittel bei protektivem Einsatz an Beeren in Freiland zu den Entwicklungsstadien BBCH 73 und 79. Mittelwerte aus beiden Versuchsserien. Die Befallsstärke der unbehandelten Kontrolle lag in Serie 1 bei 75,0% und in Serie 2 bei 58,0%. Blau: Pflanzenschutzmittel; Grau: Pflanzenstärkungsmittel; Gelb: Pflanzenextrakte.

Die Prüfmittel wurden weiterhin auf ihre kurative Wirksamkeit überprüft. Dabei erfolgte die Applikation einen Tag nach der Inokulation. Bei einem kurativen Einsatz (1 dpi) zeigten alle Prüfsubstanzen - mit Ausnahme von Frutogard - Wirkungsgrade zwischen 0 (Polyram WG) und 26,4% (TRF 110) (Abb. 57). Das Pflanzenstärkungsmittel Frutogard wies einen Wirkungsgrad von 70,0% auf. Damit lag der Wirkungsgrad bei kurativem Einsatz bei allen Prüfmitteln (Ausnahme: Frutogard) niedriger als bei protektiver Anwendung. Lediglich Frutogard war kurativ eingesetzt besser wirksam als protektiv.

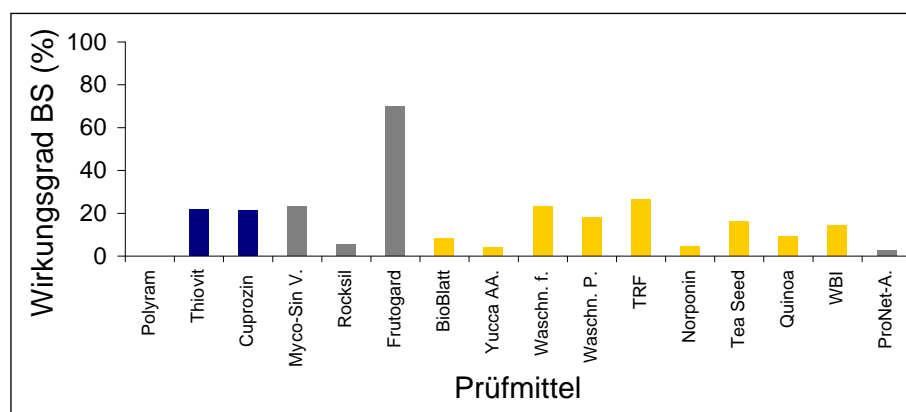


Abb. 57: Mittlere Wirkungsgrade (bezogen auf die Befallsstärke, BS) der Prüfmittel bei kurativem Einsatz (1 dpi) an Topfreenblättern unter Gewächshausbedingungen. Mittelwerte aus zwei Versuchsserien. Die Befallsstärke der unbehandelten Kontrolle lag in Serie 1 bei 19,3% und in Serie 2 bei 25,4%. Blau: Pflanzenschutzmittel; Grau: Pflanzenstärkungsmittel; Gelb: Pflanzenextrakte.

3.5.2.3. Regenfestigkeit

Wurden die Topfreben unmittelbar nach dem Antrocknen des Spritzbelages einem künstlichen Niederschlagsereignis von 18,1 mm ausgesetzt, zeigten sich häufig deutlich verringerte Wirkungsgrade (Abb. 59). Bei Einsatz von Polyram WG wurde ein Wirkungsgrad von 99 % erzielt. Im Falle von Thiovit lag der Wirkungsgrad bei 96 %. Waschnuss Pulver zeigte einen Wirkungsgrad von 83 %. Die Mehrzahl der weiteren Prüfmittel wies nach der künstlichen Beregnung einen Wirkungsgrad zwischen 39 (Tea Seed Powder) und 75% (Waschnuss flüssig) auf. Die niedrigsten Wirkungsgrade zeigten die Gesteinsmehle Myco-Sin VIN und Rocksil mit 16 bzw. 26%. Stellt man die Wirkungsgrade bei Applikation mit anschließender Beregnung denen ohne Beregnung gegenüber (Abb. 59 gegenüber Abb. 58), so erkennt man, dass - mit Ausnahme von Frutogard - die beregneten Varianten bei allen Prüfmitteln einen geringeren Wirkungsgrad aufwiesen. Besonders Myco-Sin VIN, Rocksil sowie Tea Seed Powder zeigten nach künstlicher Beregnung weniger als 50% des Wirkungsgrades, den sie ohne Beregnung erzielten. Dagegen erwiesen sich Polyram WG, Thiovit Jet, Cuprozin flüssig, Frutogard sowie Waschnuss Pulver als relativ regenstabil. Diese Mittel wiesen auch nach einer künstlichen Beregnung mehr als 90% der Wirksamkeit im Vergleich zu einer Behandlung ohne anschließende Beregnung auf. Versuche mit weiteren Mitteln (Abb. 60) ergaben ein uneinheitliches Bild. In Bezug auf die gut wirksamen saponinhaltigen Präparate, Primelwurzel-Extrakt und Waschnuss, wurden die Ergebnisse vorausgegangener Versuche bestätigt, denn durch die Beregnung nahm die Wirksamkeit aufgrund der Abwaschung dieser Präparate stark ab.

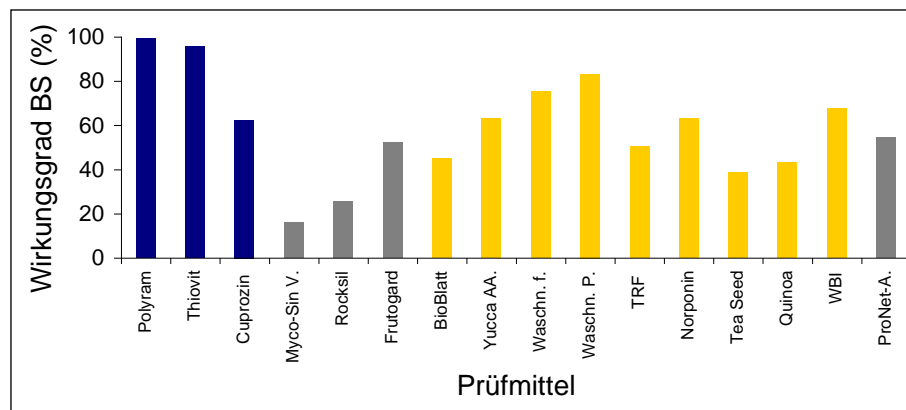


Abb. 59: Mittlere Wirkungsgrade aus zwei Versuchsserien (bezogen auf die Befallsstärke) der Prüfmittel bei protektivem Einsatz mit anschließender künstlicher Beregnung (18,1 mm) nach Antrocknen des Spritzbelages an Topfrebenblättern unter Gewächshausbedingungen. Die Befallsstärke der unbehandelten Kontrolle lag in Serie 1 bei 20,0% und in Serie 2 bei 26,1%. Blau: Pflanzenschutzmittel; Grau: Pflanzenstärkungsmittel; Gelb: Pflanzenextrakte.

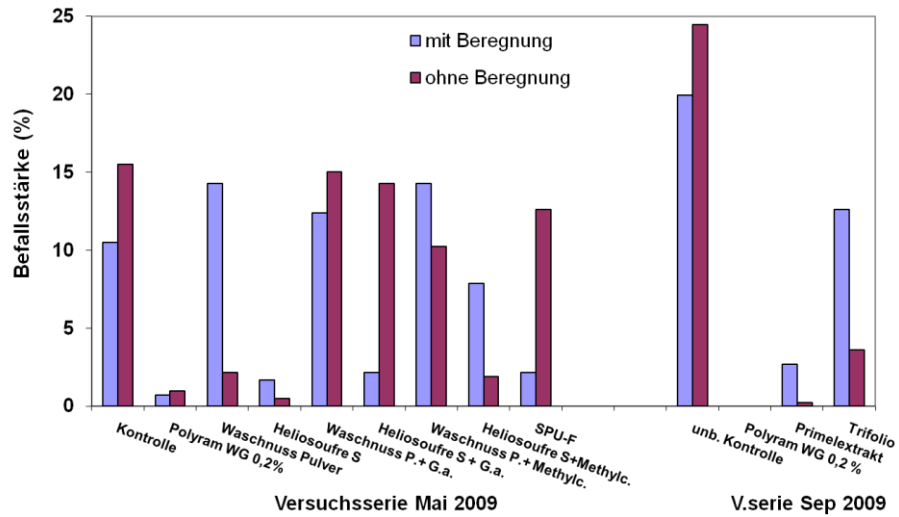


Abb. 60: Mittelwerte der Befallsstärke der Prüfmittel bei protektivem Einsatz mit anschließender künstlicher Beregnung (18,1 mm) nach Antrocknen des Spritzbelages an Topfrennblättern unter Gewächshausbedingungen.

3.6. Freilandversuche zur Regulation der Schwarzfäule

Gesamtziel des Forschungsprojekts war die Erarbeitung eines Managementkonzepts zur Eindämmung der Schwarzfäule im ökologischen Weinbau. Es war daher unabdingbar, die im Rahmen von *in-vitro*- und Gewächshausversuchen als wirksam gegen das Pathogen identifizierten Agenzien auch im Freiland unter Praxisbedingungen zu prüfen. Freilandversuche wurden in Kooperation mit ECOVIN-Betrieben sowie auf den Versuchsflächen des JKI in Wolf durchgeführt. Aufgrund des hohen natürlichen Infektionsdrucks in dieser Weinbergslage und der für Pilzkrankheiten besonders förderlichen lokalen Witterungsbedingungen ist davon auszugehen, dass diese Versuche unter ‚worst case-Bedingungen‘ durchgeführt wurden.

3.6.1. Wirkung von Pflanzenschutzmitteln gegen Überwinterungsstadien von *G. bidwellii*

Schwefelkalk (Calcium-Polysulfid) wird in Nordamerika zur Voraustriebsbehandlung gegen die Überwinterungsstadien der Schwarzfäule eingesetzt (z.B. Gadoury et al, 1994). Dadurch sollen die möglicherweise von Rebholz und Ranken ausgehende Primärinfektionen verhindert werden. In ECOVIN Betrieben wurde daher über zwei Vegetationsperioden einmalig vor dem Austrieb eine 4%ige Schwefelkalk-Lösung ausgebracht und beim Auftreten erster Befallssymptome der Blattbefall als Maß für die Intensität der Primärinfektionen bonitiert.

In beiden Versuchsjahren war der Blattbefall vor der Blüte auf allen Versuchsflächen sehr gering. In keinem Fall konnte ein Effekt der Schwefelkalkbehandlung festgestellt werden. Auf einer Versuchsfläche in Pünderich wurde sogar in den unbehandelten Rebzeilen ein etwas geringerer Befall an Trauben beobachtet (Abb. 61).

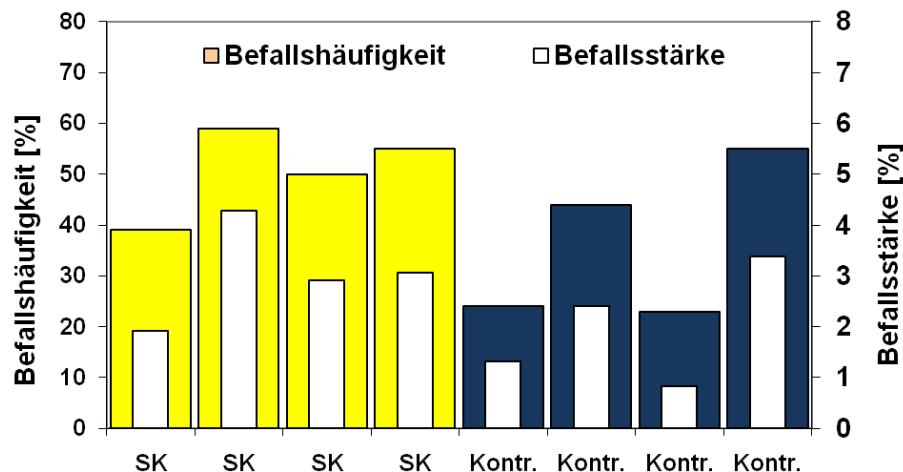


Abb. 61: Effekt einer Schwefelkalkbehandlung vor dem Austrieb auf den Traubenbefall an Riesling.

Ein abschließender Versuch wurde 2008 in der Versuchsanlage in Wolf durchgeführt. Vor dem Austrieb wurde in einer im Vorjahr stark befallenen Müller-Thurgau-Anlage eine 4 %ige und eine 20 %ige Schwefelkalk-Lösung in vierfacher Wiederholung ausgebracht (Abb. 62). Die Kontrolle blieb unbehandelt. Gegenüber der Kontrolle konnte keine Reduktion der Schwarzfäule-Läsionen durch den Schwefelkalk festgestellt werden (Abb. 63).



Abb. 62: Regulation der Schwarzfäule-Überwinterungsstadien am Holz, Versuchsfläche in Wolf links: Rebe direkt nach der Applikation einer 20%igen Schwefelkalklösung, rechts: Rebe eine Woche nach Applikation, Jahr 2008.

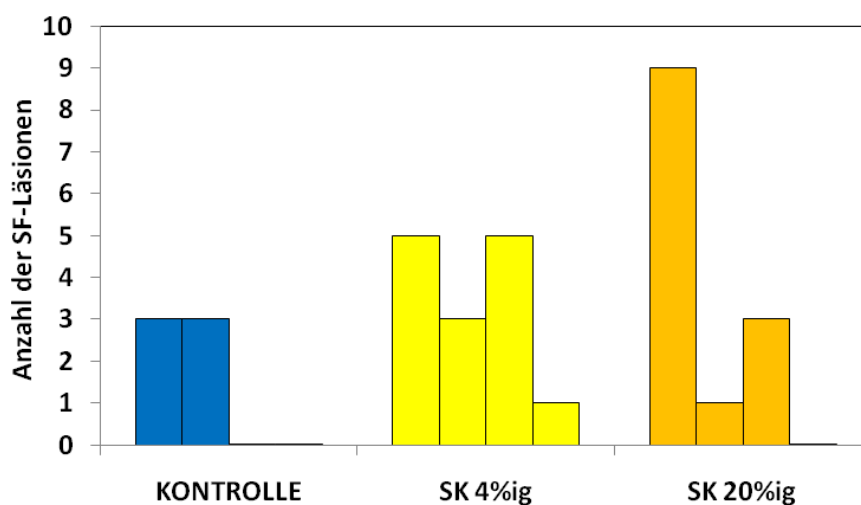


Abb. 63: Effekt einer Voraustriebsbehandlung mit Schwefelkalk (4 % und 20 %) auf die Anzahl der Schwarzfäule-Läsionen beim Auftreten erster Symptome. Vier Wiederholungen pro Variante.

Die Behandlung mit Schwefelkalk zeigte in keinem der Versuche einen Effekt auf den Erstbefall der Laubwand. Die Applikation kann somit nicht die notwendigen Hygienemaßnahmen beim Rebschnitt durch bestmögliches Entfernen befallenen Rebmaterials ersetzen. Die negative Einschätzung der Wirkung des Schwefelkalks bei der Voraustriebsbehandlung korrespondiert mit den Ergebnissen der Versuche, die im Gewächshaus bzw. im Freiland bei Applikationen während der Vegetationsperiode erzielt wurden. Im Gegensatz zu Literaturangaben scheint dieses Präparat nicht geeignet, um das Risiko von Primärinfektionen zu mindern.

3.6.2. Effektivität von Versuchspräparaten und Spritzfolgen gegenüber der Schwarzfäule unter Freilandbedingungen

Eine wesentliche Aufgabe des Projektes war es, Präparate einzeln und in Kombination bzw. in Spritzfolgen unter Praxisbedingungen zu erproben, die in den Voruntersuchungen im Labor und unter Gewächshausbedingungen gute Wirkungen gegen die Schwarzfäule gezeigt hatten. Die Versuchsfläche des JKI in Wolf mit hohem natürlichem Infektionsdruck war dazu besonders geeignet.

Versuche 2006

Da zu Beginn der Vegetationszeit 2006 noch keine Laborergebnisse vorlagen, wurden im ökologischen Weinbau häufig angewandte Pflanzenschutz- und -stärkungsmittel in Hinblick auf deren Wirkung gegenüber der Schwarzfäule im Freiland untersucht.

Austrieb und Blüte lagen in der Vegetationsperiode 2006 im langjährigen Mittel (LM). Nach einem kalten Winter waren Temperaturen und Niederschläge im April und Mai überdurchschnittlich hoch. Juni und Juli waren sehr warm, aber trockener als im LM. Der August war kühl und extrem nass. Während im Mai aufgrund der Witterungsbedingungen fünfmal potentielle Infektionsbedingungen herrschten (Abb. 64), war es bis Mitte Juni zu trocken. Während der sensiblen Phase für Traubeninfektionen in der Zeit um die Blüte bis etwa fünf Wochen danach wurden acht potentielle Infektionsereignisse berechnet. Während der kontinuierlichen Nässephase im August herrschten ständig Infektionsbedingungen, die infektionssensible Phase der Trauben war zu dieser Zeit jedoch bereits vorüber.

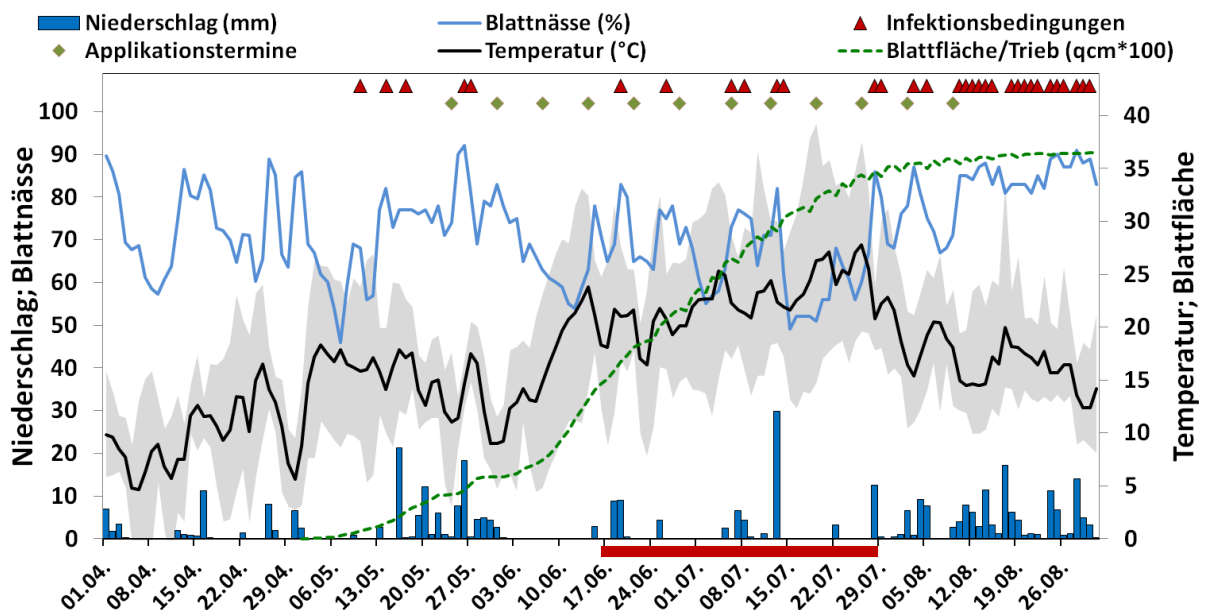


Abb. 64: Witterungs- und Infektionsbedingungen in Wolf während der Vegetationsperiode 2006. Die Phase besonderer Anfälligkeit der Trauben beginnend mit der Blütephase bis ca. 5 Wochen danach ist durch einen roten Balken dargestellt.

Vom Austrieb bis zur abschließenden Traubenbonitur herrschten an 15 Tagen Infektionsbedingungen. Blattinfektionen blieben Anfang Juli bei einer Befallshäufigkeit (BH) von 47 % und einer Befallsstärke (BS) von 2.2 % in der unbehandelten Kontrolle moderat (Abb. 65, Tab. 20). Der Befall an Trauben nahm von Anfang Juli bis Anfang August stark zu (BS in der Kontrolle von 3,6 auf 64 % ansteigend). Es konnte gezeigt werden, dass es an den errechneten

Terminen mit Infektionsbedingungen tatsächlich zu Traubeninfektionen kam. Der hohe Infektionsdruck äußerte sich auch durch eine BH von 77 % in der mit dem Fungizidstandard behandelten Variante.

Einzelheiten zu den Versuchsvarianten und den Applikationen sind Tab. 5 sowie Tab. A-1 im Anhang zu entnehmen. Die Befallsstärke an Blättern und Trauben aller behandelten Varianten war signifikant niedriger als in der unbehandelten Kontrolle (Abb. 65, Tab. 20). Allerdings blieben die Traubenschäden nur in den Varianten 4 und 5 mit BS von 4-5 % auf einem wirtschaftlich tragbaren Niveau. Sie waren vergleichbar mit dem Fungizidstandard und signifikant niedriger als in allen anderen Varianten. In den beiden Versuchsgliedern wurden Netzschwefel und Kupferhydroxid in Kombination angewandt, wobei der Kupferaufwand in Variante 5 im Blütenbereich erhöht, in der Nachblüte dagegen vermindert wurde. Die Wirkung der Kombinationsvarianten war signifikant besser als die von Netzschwefel (Versuchsglied 3) und Kupferhydroxid (VG 6) in der „solo“-Anwendung. Die Kupferaufwandmenge betrug in den Varianten 4 und 6 2400 g/ha gegenüber 2760 g/ha in Variante 5. Auffällig ist die signifi-

Tab. 20: Ergebnisse aus den Freilandversuchen zur Bekämpfung der Schwarzfäule 2006. BH = Befallshäufigkeit; BS = Befallsstärke; unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede (Tukey-Test, $\alpha=0,05$)

Variante	Blätter				Trauben			
			05. Jul		07. Jul		07. Aug	
	BH (%)	BS (%)	BH (%)	BS (%)	BH (%)	BS (%)	BH (%)	BS (%)
1 Kontrolle			47 a	2,2 a	55	3,6	100 a	63,7 a
2 Schwefelkalk			48 a	1,5 b	37	2,4	99 a	39,1 b
3 Thiovit Jet			21 c	0,4 c	7	0,2	99 a	21,7 d
4 Cuprozin fl. Spritzfolge 1 + Thiovit Jet*			21 c	0,4 c	1	0,0	76 b	4,0 e
5 Cuprozin fl. Spritzfolge 2 + Thiovit Jet**			21 c	0,4 c	3	0,1	76 b	4,6 e
6 Cuprozin fl. Spritzfolge 1*			32 b	0,9 bc	14	0,8	99 a	33,5 c
7 Myco-Sin VIN			34 b	1,2 b	34	2,5	99 a	31,3 c
8 Fungizidstandard (Folpet)			9 d	0,3 c	1	0,1	77 b	5,1 e

* 2,4 kg/ha Reinkupfer

** 2,76 kg/ha Reinkupfer

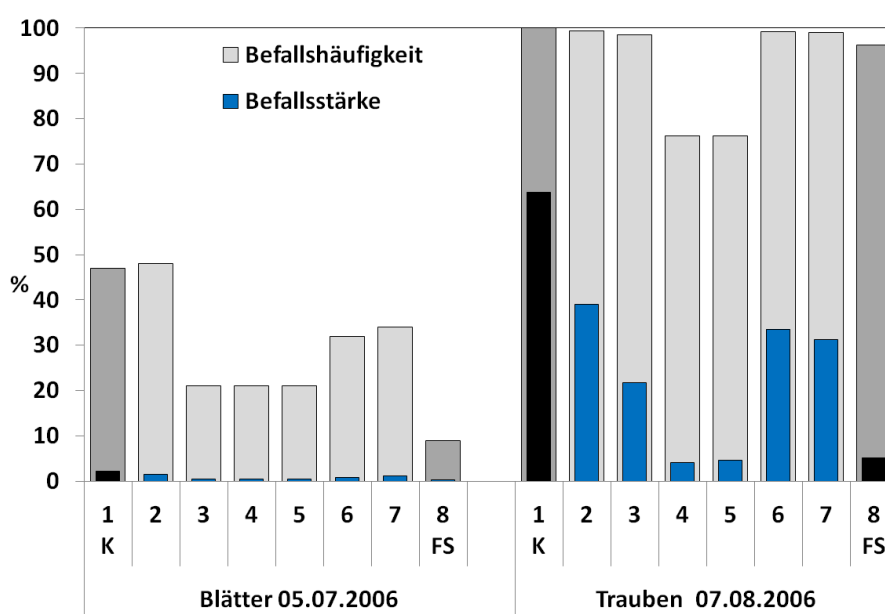


Abb. 65: Ergebnisse der Freilandversuche zur Bekämpfung der Schwarzfäule 2006. K=Kontrolle und FS=Fungizidstandard (Folpan) sind dunkel dargestellt. Übersicht der Varianten siehe Tab. 20.

kante Minderwirkung von Kupfer (VG 6) im Vergleich zum Schwefel (VG 3) im fortgeschrittenen Verlauf der Vegetationsentwicklung. Sie war bei der Abschlussbonitur mit der Wirkung des Gesteinsmehls (VG 7) vergleichbar. Zudem waren Veränderungen an den Blättern in den Kupfervarianten zu erkennen: Die Blätter der sonnenabgewandten Laubwandseiten zeigten Symptome, die einer vorzeitigen Seneszenz ähnelten. Die relativen Wirkungen der einzelnen Versuchspräparate entsprachen der in Gewächshausversuchen erarbeiteten Einschätzung (Tab. 19).

Versuche 2007

In der Vegetationsperiode 2007 wurden mit Norponin, Nor-Spice Te Liquid und BioBlatt Mehлтаumittel Versuchspräparate in den Freilandversuchen angewandt, die in Gewächshausversuchen eine gute Wirkung gezeigt hatten (Tab. 6 und Tab. A-2 im Anhang). Außerdem wurde aufgrund der Versuchsergebnisse des Vorjahres versucht, die Wirkung von Netzschwefel zu verbessern. So wurde das Präparat einerseits nach Zulassung (VG 7) sowie andererseits in durchgehender Aufwandmenge von 3,2 kg/ha (VG 6) eingesetzt. Zudem wurden weitere Kombinationen von Netzschwefel mit Kupfer und Pflanzenstärkungsmitteln erprobt. In VG 5 wurde bis ES 73 das Pflanzenstärkungsmittel Frutogard zugesetzt, in VG 8 wurde Netzschwefel mit Gesteinsmehl kombiniert und in VG 9 wurde die im Vorjahr besonders wirksame Kombination von Netzschwefel mit Kupferhydroxid erneut eingesetzt. In dieser Variante wurde die Kupferaufwandmenge durchgehend reduziert (Tab. A-2), sodass insgesamt nur 1600 g/ha Reinkupfer ausgebracht wurden.

Das Versuchsjahr 2007 zeichnete sich durch außergewöhnliche Witterungsbedingungen aus. Nach einem überdurchschnittlich warmen Winter blieb die Temperatur bis zum Juni überdurchschnittlich hoch. Die April-Temperatur lag um 4,4 °C über dem LM. Im gesamten Monat April fiel kein Niederschlag (Abb. 66). Aufgrund der hohen Frühjahrstemperaturen trieben die Reben zwei Wochen vor dem durchschnittlichen Termin aus und blühten schon in der letzten Maiwoche. Zu Beginn der Vegetationsentwicklung der Reben waren aufgrund der

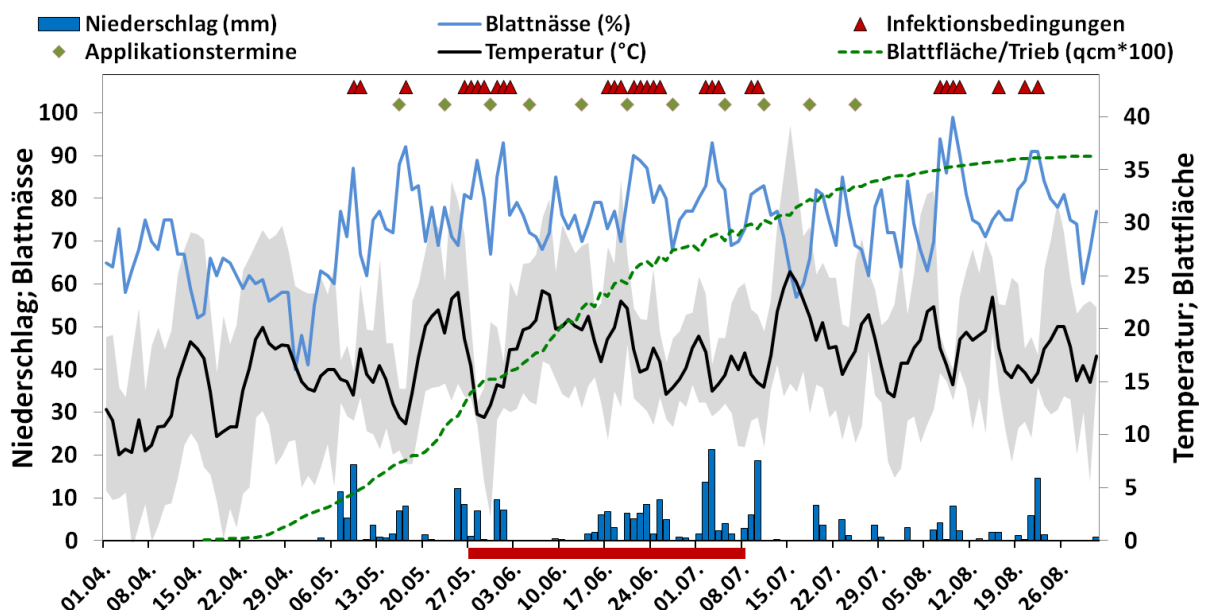


Abb. 66: Witterungs- und Infektionsbedingungen in Wolf während der Vegetationsperiode 2007. Die Phase besonderer Anfälligkeit der Trauben beginnend mit der Blütephase bis ca. 5 Wochen danach ist durch einen roten Balken dargestellt.

Witterungsbedingungen keine Infektionen möglich. Von Mai bis Juli fiel jedoch überdurchschnittlich viel Regen, sodass im Zeitraum „Blüte“ an sieben Tagen Infektionsbedingungen herrschten. Nach einer zweiwöchigen Trockenphase nach der Blüte herrschten für die Schwarzfäule ab Mitte Juni erneut optimale Bedingungen, die dazu führten, dass noch in der besonders anfälligen Phase der Trauben an 13 weiteren Tagen Infektionsbedingungen berechnet wurden.

Der besonders hohe Infektionsdruck im Jahr 2007 äußerte sich durch 23 Tage mit Infektionsbedingungen in der Zeit von April bis zur Abschlussbonitur, sowie durch hohe Werte der Befallshäufigkeit (BH) und Befallsstärke (BS) an Blättern bereits im Juni. Schon Mitte Juli wurden Befallshäufigkeiten von 86 - 100 % an den Trauben festgestellt. Mitte August blieb die BH nur im Fungizidstandard (VG 10) mit 96 % knapp unter vollständigem Befall (Abb. 67, Tab. 21). Selbst in dieser Variante war eine BS von 5 % zu beobachten.

Einzelheiten zu den Versuchsvarianten und den Applikationen sind Tab. 6 sowie Tab. A-2 im Anhang zu entnehmen. Mit Ausnahme der Norponin-Variante (VG 3), die sich in Bezug auf die BS an Blättern nicht von der Kontrolle unterschied, war die BS an Blättern und Trauben in allen Versuchsvarianten gegenüber der Kontrolle signifikant verringert. Alle drei Versuchspräparate aus dem Gewächshaus-Screening zeigten jedoch keine befriedigende Wirkung mit Befallsstärken an den Trauben zwischen 50 und 72 %, die höher als alle anderen Versuchsvarianten lagen (mit Ausnahme der Kontrolle). An den mit BioBlatt Mehltaumittel (VG 4) behandelten Reben zeigten sich phytotoxische Effekte. An jungen Blättern waren schwarze Punkte, auf Beeren Verschorfungen zu beobachten.

Die ausschließlich mit Netzschwefel bzw. mit Netzschwefel in Kombination mit Gesteinsmehl behandelten Varianten (VG 6 – VG 8) bewegten sich mit BS an Trauben zwischen 31 - 41 % in einem mittleren, jedoch nicht ausreichenden Wirkungsbereich. In der Kombinationsvariante sowie der Variante mit erhöhtem Netzschwefelaufwand war die BS signifikant niedriger als bei Netzschwefelanwendung nach Zulassung. Mit 10 % bzw. 15 % BS an Trauben gegenüber 5 % beim Fungizidstandard erwiesen sich die Kombinationen von Netzschwefel mit Kupferhydroxid bei einer Gesamtaufwandmenge an Reinkupfer von knapp 1600 g/ha (VG 9) bzw. Frutogard bis Entwicklungsstadium 73 (VG 5) als die wirksamsten Versuchsvarianten. Gegenüber der besten reinen Netzschwefelvariante war die BS signifikant auf ein Drittel bzw. um die Hälfte reduziert.

Tab. 21: Ergebnisse aus den Freilandversuchen zur Bekämpfung der Schwarzfäule 2007. BH = Befallshäufigkeit; BS = Befallsstärke; unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede (Tukey-Test, $\alpha=0,05$)

Variante	Blätter				Trauben				
	25. Jun		14. Aug		17. Jul		13. Aug		
	BH (%)	BS (%)	BH (%)	BS (%)	BH (%)	BS (%)	BH (%)	BS (%)	
1	Kontrolle	73	3,4	90 a	4,4 a	100	78,3	100 a	77,4 a
2	Norponin BS Liquid	60	2,4	78 bc	3,3 b	100	58,3	100 a	49,7 d
3	Nor-Spice Te Liquid	64	3,0	85 ab	3,9 a	100	75,3	100 a	72,1 b
4	BioBlatt Mehltaumittel	55	2,3	72 c	3,2 b	100	65,6	100 a	56,9 c
5	Thiovit Jet + Frutogard (bis ES73)	25	0,7	42 ef	1,4 de	97	15,2	100 a	14,5 g
6	Thiovit Jet durchgehend 3,2 kg	48	1,7	53 d	2,0 c	100	34,0	100 a	31,1 f
7	Thiovit Jet durchgehend nach Zulassung	44	1,5	59 d	2,2 c	100	45,9	100 a	41,0 e
8	Thiovit Jet + Myco-Sin Vin	43	1,7	51 de	1,8 cd	98	42,1	100 a	34,8 f
9	Thiovit Jet + Cuprozin fl.*	35	1,2	35 f	1,2 e	98	12,4	100 a	10,0 gh
10	Fungizidstandard (Polyram WG)	11	0,3	19 g	0,5 f	86	6,4	96 b	5,1 h

* 2,4 kg/ha Reinkupfer

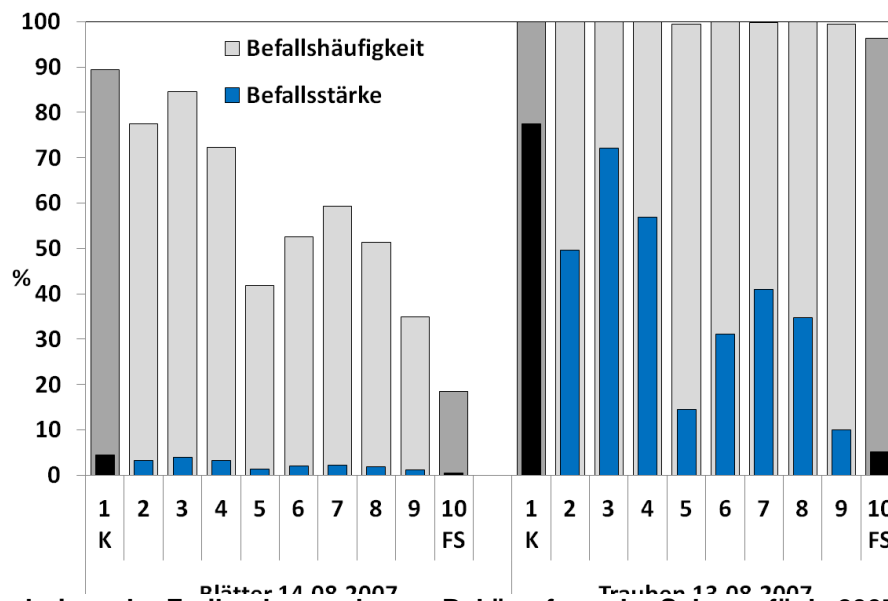


Abb. 67: Ergebnisse der Freilandversuche zur Bekämpfung der Schwarzfäule 2007. K=Kontrolle und FS=Fungizidstandard (Polyram WG) sind dunkel dargestellt. Übersicht der Varianten siehe Tab. 21.

Versuche 2008

Die Versuche der Vegetationsperiode 2008 (Tab. 7 und Tab. A-3 im Anhang) verfolgten zwei Ziele. Zum einen wurden weitere Stoffe aus dem Gewächshaus-Screening erprobt, wobei neben dem Rhabarberextrakt TRF 110 und dem *Bacillus subtilis*-Präparat Serenade max besonderes Augenmerk auf saponinhaltige Präparate gelegt wurde. Grund dafür war die gute Wirkung dieser Agenzien *in-vitro* und in Topfversuchen, die jedoch im Vorjahr (Norponin) im Freiland nicht bestätigt werden konnte. Da der genauer untersuchte Primelwurz-Extrakt in den Vorversuchen zwar stets eine sehr gute Wirkung zeigte, sich jedoch als anfällig gegenüber Abwaschung erwies, sollte die Wirkung saponinhaltiger Präparate durch das Haftmittel ‚Nu-Film P‘ bzw. durch Kombination mit Netzschwefel, um dessen Formulierungshilfsstoffe zu nutzen, gesteigert werden. Aus Gründen der leichten Verfügbarkeit ausreichender Mengen an Präparat wurde in den Freilandversuchen Waschnuss-Pulver statt Primelextrakt eingesetzt, das an Topfreben eine vergleichbar gute Wirkung gezeigt hatte (Tab. 19). Der zweite Schwerpunkt der Versuche lag auf der Optimierung von Netzschwefel-Kombinationen, um der weinbaulichen Praxis schnelle Lösungsmöglichkeiten anbieten zu können. Die Kombinationsanwendungen sollten sowohl in Hinblick auf die Wirksamkeit als auch bezüglich der Minimierung des Kupferaufwands optimiert werden. Dazu wurde in VG 7 die Kupferaufwandmenge pro Applikation auf 100 g/ha Reinkupfer beschränkt. In VG 9 wurde in witterungs- bzw. phänologiebedingt weniger kritischen Phasen Gesteinsmehl in Kombination mit Netzschwefel angewandt, dagegen bei hoher Infektionsgefahr Kupfer in der o.a. Aufwandmenge mit Netzschwefel kombiniert. Zur weiteren Verminderung des Kupferaufwands wurde das Kupferhydroxid in VG 8 bis ES 73 durch Frutogard ersetzt.

Das zunächst relativ kühle Frühjahr 2008 hatte einen Austrieb Ende April zu Folge, der dem LM entsprach. Aufgrund überdurchschnittlich hoher Temperaturen im Mai und Juni setzte die Blüte jedoch zwei Wochen vor dem LM ein. Die Vegetationszeit war durch überdurchschnittliche Niederschläge im zeitigen Frühjahr, aber eher durchschnittliche Niederschlagsbedingungen ab Mai gekennzeichnet. Im Vergleich zum Vorjahr war der Infektionsdruck moderat. Vor der Blüte herrschten an 6 Tagen, in der sensiblen Phase der Trauben an 7 Tagen und danach an weiteren 10 Tagen Infektionsbedingungen (Abb. 68).

Der Infektionsdruck durch die Schwarzfäule war 2008 im Vergleich zum Vorjahr moderat. Vom Austrieb bis zur abschließenden Traubenbonitur wurden an 22 Tagen Infektionsbedingungen errechnet. Im Gegensatz zu 2007 war der Traubenbefall zum Zeitpunkt der ersten Bonitur noch gering, nahm aber bis zur Bonitur am 20. August stark zu (Abb. 69, Tab. 22). Während die unbehandelte Kontrolle mit einer Befallshäufigkeit von 100 % und einer Befallsstärke von 66 % sehr stark geschädigt wurde, blieb der Fungizidstandard mit 15 % BH und 0,2 % BS im Gegensatz zu den Vorjahren nahezu befallsfrei.

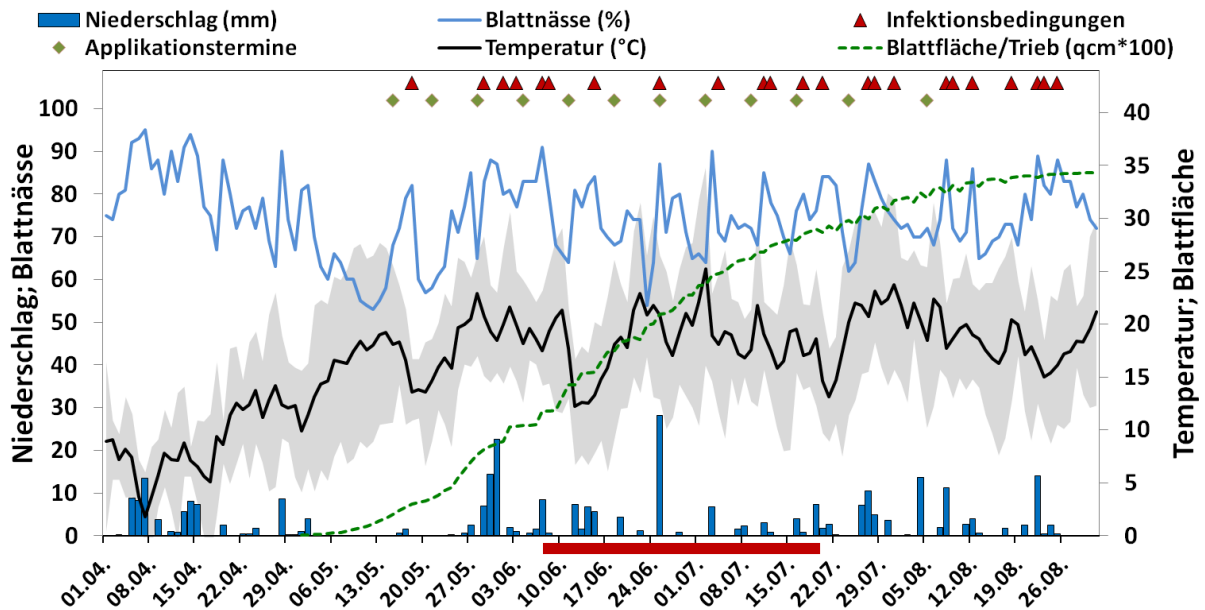


Abb. 68: Witterungs- und Infektionsbedingungen in Wolf während der Vegetationsperiode 2008. Die Phase besonderer Anfälligkeit der Trauben beginnend mit der Blütephase bis ca. 5 Wochen danach ist durch einen roten Balken dargestellt.

Einzelheiten zu den Versuchsvarianten und den Applikationen sind (Tab. 7) sowie Tab. A-3 im Anhang zu entnehmen. Die drei Prüfmittel schnitten in Bezug auf die Schwarzfäule-Wirkung am schlechtesten ab. In den mit diesen Mitteln behandelten Varianten (VG 2 bis VG 4) wurde eine BH von 100 % festgestellt. Die mit ‚Serenade max‘ behandelte Variante (VG 4) war bezüglich BH und BS nicht von der unbehandelten Kontrolle zu unterscheiden. Die Wirkung des Rhabarberextraktes TRF (VG 2) war mit einer BS von 51 % ebenso wenig zufriedenstellend wie die des Waschnuss-Pulvers in Kombination mit dem Netzmittel NuFilm P mit 38 % BS (VG 3). In Kombination mit Netzschwefel (VG 5) sorgte das Waschnuss-Pulver jedoch für eine Wirkungsverbesserung im Vergleich zu Netzschwefel allein (VG 6) mit einer signifikanten Reduktion der Befallsstärke von 18 % auf 11 %. Für das Saponin könnte die Abwaschung durch Regen ein Problem gewesen sein, da es bei insgesamt zwar unterdurchschnittlichen Niederschlägen aber mehrfach zu starken Niederschlagsereignissen in den Tagen nach der Versuchsapplikation kam. Die geringe Befallsstärke in der Netzschwefel-Waschnuss Variante lässt den Schluss zu, dass diese Kombination in Lagen mit geringerem Befallsdruck eine Alternative zur Schwefel-Kupfer-Kombination darstellen könnte. In jedem Fall erscheint es lohnenswert, an der Optimierung der saponinhaltigen Pflanzenextrakte besonders mit Blick auf die Regenfestigkeit weiter zu arbeiten. Allerdings wurden in den Versuchsgliedern, die mit Waschnuss behandelt wurden, phytotoxische Veränderungen an Blättern und an Beeren festgestellt.

Wie in 2007 war es auch in diesem Versuchsjahr möglich, durch Kombination von Netzschwefel und Kupferhydroxid in verminderter Aufwandmenge den Schwarzfäule-Befall soweit zu verringern, dass sich die Befallsstärke in dieser Variante (VG 7) in einem wirtschaftlich tolerierbaren Rahmen von 4,3 % bewegte und nicht signifikant von der des Fungizidstandards unterschied Tab. 22. Über die gesamte Saison wurden nicht mehr als 1200 g/ha Reinkupfer ausgebracht. Auch die Variante 9, in der, abhängig vom jeweiligen witterungs- und stadienbedingten Infektionsrisiko entweder nur Gesteinsmehl oder Kupfer zusammen mit Netzschwefel appliziert wurden, führte zu gutem Erfolg. Die Befallsstärke dieser Versuchsvariante (5 %) war ebenfalls nicht signifikant vom Fungizidstandard zu unterscheiden,

Tab. 22: Ergebnisse aus den Freilandversuchen zur Bekämpfung der Schwarzfäule 2008. BH = Befallshäufigkeit; BS = Befallsstärke; unterschiedliche Buchstaben bezeichnen signifikante Unterschiede (Tukey-Test, $\alpha=0,05$)

Variante		Blätter				Trauben			
		11. Jul		22. Aug		03. Jul		20. Aug	
		BH (%)	BS (%)	BH (%)	BS (%)	BH (%)	BS (%)	BH (%)	BS (%)
1	Kontrolle	76	3,1	85 a	3,1 a	42	0,5	100 a	65,7 a
2	TRF	58	1,7	62 b	1,5 b	24	0,3	100 a	50,6 b
3	Waschnuss Pulver + NUFILM P	52	1,5	62 b	1,5 b	23	0,2	100 a	39,2 c
4	Serenade max	54	2,0	63 b	1,8 b	30	0,4	100 a	63,7 a
5	Thiovit Jet + Waschnuss Pulver	34	0,7	31 cd	0,6 cd	9	0,1	91 c	11,4 e
6	Thiovit Jet	40	1,0	37 cd	0,6 cd	8	0,1	99 ab	17,7 d
7	Thiovit Jet + Cuprozin fl.*	23	0,4	26 de	0,3 cde	4	0,0	81 d	4,3 fg
8	Thiovit Jet + Myco-Sin Vin oder Frutogard (bis 73) bzw. Cuprozin fl.**	36	0,7	37 cd	0,7 c	2	0,0	94 bc	11,3 e
9	Schwefel + Gesteinsmehl oder Cuporzin fl.***	22	0,3	18 ef	0,2 de	1	0,0	77 d	5,0 fg
10	Fungizidstandard (Polyram WG)	4	0,0	9 f	0,1 e	0	0,0	15 e	0,2 g

* 1,2 kg/ha Reinkupfer

** 0,1 kg/ha Reinkupfer

*** 0,8 kg/ha Reinkupfer

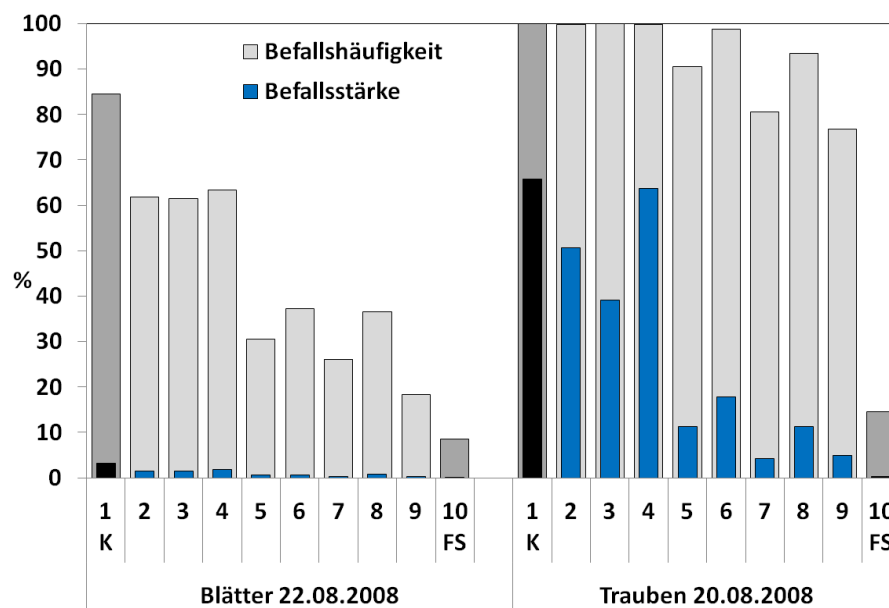


Abb. 69: Ergebnisse der Freilandversuche zur Bekämpfung der Schwarzfäule 2008. K=Kontrolle und FS=Fungizidstandard (Polyram WG) sind dunkel dargestellt. Für Varianten siehe Tab. 22.

es wurden jedoch nur 800 g/ha Reinkupfer ausgebracht. Im Vergleich dazu fiel die Variante 8, in der ebenfalls bei geringem Risiko Gesteinsmehl, bei höherem Risiko jedoch bis ES 73 Frutogard statt des Kupfers ausgebracht wurde, in der Wirkung etwas ab und lag mit 11 % BS auf dem Niveau der Schwefel-Waschnuss-Kombination. Allerdings war der Kupferaufwand in dieser Variante mit 100 g/ha Reinkupfer extrem niedrig. Für diese Variante gilt wie für VG 5, dass die Spritzfolge bei einem geringeren Infektionsdruck als in der Versuchsfläche Wolf durchaus eine Alternative zur durchgehenden Applikation von Netzschwefel mit Kupfer darstellen könnte.

Versuche 2009

Daten zu den Versuchen der letzten Freilandsaison in 2009 sind in Tab. 8 und Tab. A-4 im Anhang zusammengefasst. Mit Heliosoufre S (VG 2), einem Präparat aus Schwefel und Fichtenöl sowie Netzschwefel in Kombination mit NanoKupfer (VG 5), einer Formulierung von Kupfer-Octanoat, wurden zwei neue Pflanzenschutzmittel getestet. Der Schwerpunkt der Versuche lag aber auf weiteren Experimenten zur Verbesserung der Wirkung der Saponine durch Zusatz von Gummi arabicum als Haftmittel (VG 3, VG 4), das in Gewächshausversuchen eine leichte Wirkungssteigerung bewirkt hatte, sowie der erneuten Überprüfung der vom witterungs- und phänologiebedingten Infektionsrisiko abhängigen Spritzfolge bzw. Kombination von Netzschwefel mit Gesteinsmehl, Frutogard und Kupfer zur Reduktion der Kupferaufwandmenge (VG 9). Außerdem sollte untersucht werden, ob bei Verlängerung der Spritzabstände für die Netzschwefel-Kupfer Kombination auf 14 Tage eine ausreichende Dauerwirkung bei vermindertem Pflanzenschutzaufwand und gleichzeitiger Kupferreduzierung erzielt werden könnte (VG 8).

Der Austrieb der Reben erfolgte bei überdurchschnittlichen Frühjahrstemperaturen bereits Mitte April und damit ca. zwei Wochen vor dem langjährigen Mittel. Bis zur Blüte betrug der Entwicklungsvorsprung noch eine Woche. Bereits beim Austrieb herrschten an drei Tagen Infektionsbedingungen (Abb. 70), bei denen es offenbar auch schon zu Primärinfektionen an

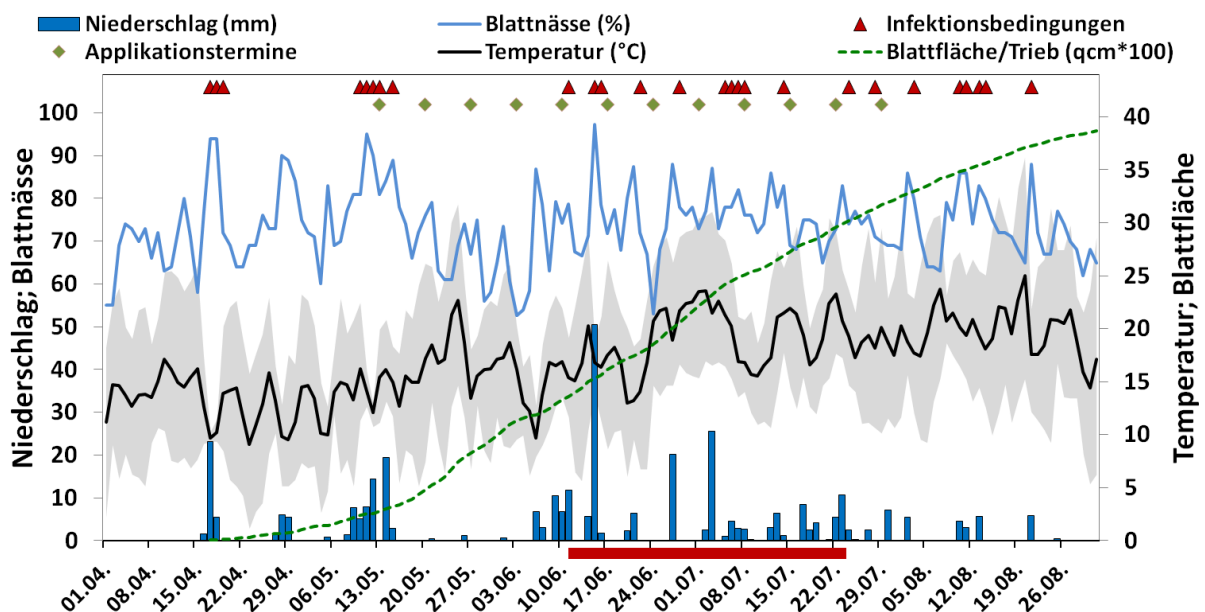


Abb. 70: Witterungs- und Infektionsbedingungen in Wolf während der Vegetationsperiode 2009. Die Phase besonderer Anfälligkeit der Trauben beginnend mit der Blütephase bis ca. 5 Wochen danach ist durch einen roten Balken dargestellt.

den jungen Blättern kam, wie Beobachtungen von Blattsymptomen Anfang Mai belegten. Bis zur Blüte waren bereits an acht Tagen Infektionsbedingungen zu verzeichnen. In der sensiblen Phase für Traubeninfektionen kamen 11 weitere Infektionstage dazu. Von Anfang Juni, also schon in der Vorblütephase, bis Ende Juli waren die Bedingungen für Pilzkrankheiten bei durchschnittlichen Temperaturen und extrem hohem Niederschlag und entsprechender Blattnässe ideal. Im Juni wurde immerhin 180 % und im Juli 130 % des langjährigen Mittelwerts der Niederschlagsmenge gemessen.

Die günstigen Bedingungen für pilzliche Pathogene führten an der Mosel verbreitet zu sehr starkem Peronospora-Befall. Auch die Versuchsfläche Wolf war davon betroffen. Trotz der Grundabdeckung der Versuchspartellen mit Fungiziden, die eine Peronospora-Wirkung hatten, wurden alle Versuchsvarianten stark befallen. Aus diesem Grund konnten die Freilandversuche zur Schwarzfäule im Jahr 2009 nicht ausgewertet werden. Bereits bei der ersten Blattbonitur war der Peronospora-Befall so hoch, dass Blätter abfielen und an noch hängenden, stark befallenen Blättern nicht sicher zwischen den Krankheitssymptomen differenziert werden konnte. An den von beiden Pilzkrankheiten befallenen, häufig völlig zerstörten Trauben war es nicht möglich, den Schwarzfäule-Befall zuverlässig zu quantifizieren. Um zumindest einen Eindruck über die Unterschiede zu erhalten, wurde der durchschnittliche Ernteertrag pro Stock in allen Versuchsgliedern ermittelt und in Relation zum Ertrag in der mit dem Fungizidstandard behandelten Variante gesetzt (Abb. 71, VG 10). Der Ertrag dieser Variante lag mit 3506 g bei etwa 80 % des Durchschnittsertrags der drei vorherigen Versuchsjahre.

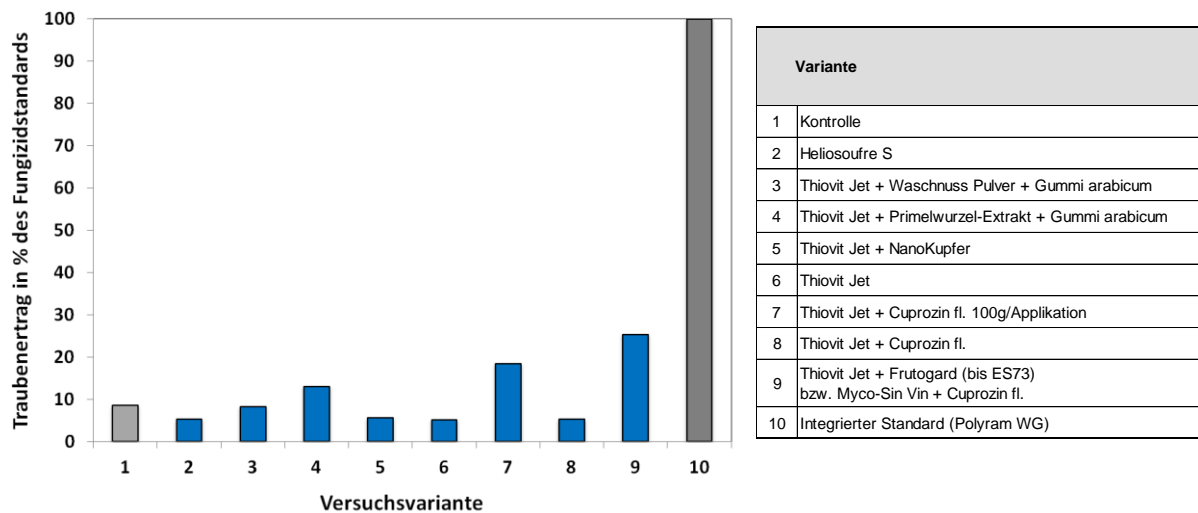


Abb. 71: Ernteertrag in den Versuchsvarianten des Freilandversuchs 2009 in Relation zum Ertrag der mit dem Fungizidstandard behandelten Variante (VG 10).

In der unbehandelten Kontrolle wurden nur 9 %, im Schnitt aller Versuchsglieder (VG 2 bis VG 9) nur 11 % der Erntemenge des Fungizidstandards erzielt. Einzig die Kombination Netzschwefel plus Kupfer (VG 7, 18 %) und Variante 9 mit situationsbezogener Spritzfolge (Netzschwefel mit Gesteinsmehl bzw. Frutogard oder Kupfer, 25 %) zeigten einen etwas höheren, aber keinesfalls befriedigenden Ernteertrag.

3.6.3. Einfluss der Schwarzfäule auf den Ertrag in Abhängigkeit von Bekämpfungsmaßnahmen

In den Versuchsjahren 2006 bis 2008 standen sowohl Erntedaten als auch Befallsdaten für die einzelnen Versuchsglieder zur Verfügung, die zueinander in Bezug gesetzt wurden. Um die Werte der einzelnen Jahre zu kombinieren, wurden sie durch Bezug auf den jeweiligen Ertrag der Fungizidkontrolle ausgewertet. Die Berechnungen zeigten einen hochsignifikanten Zusammenhang zwischen der Befallsstärke durch den Erreger der Schwarzfäule und dem Traubenertrag (Abb. 72).

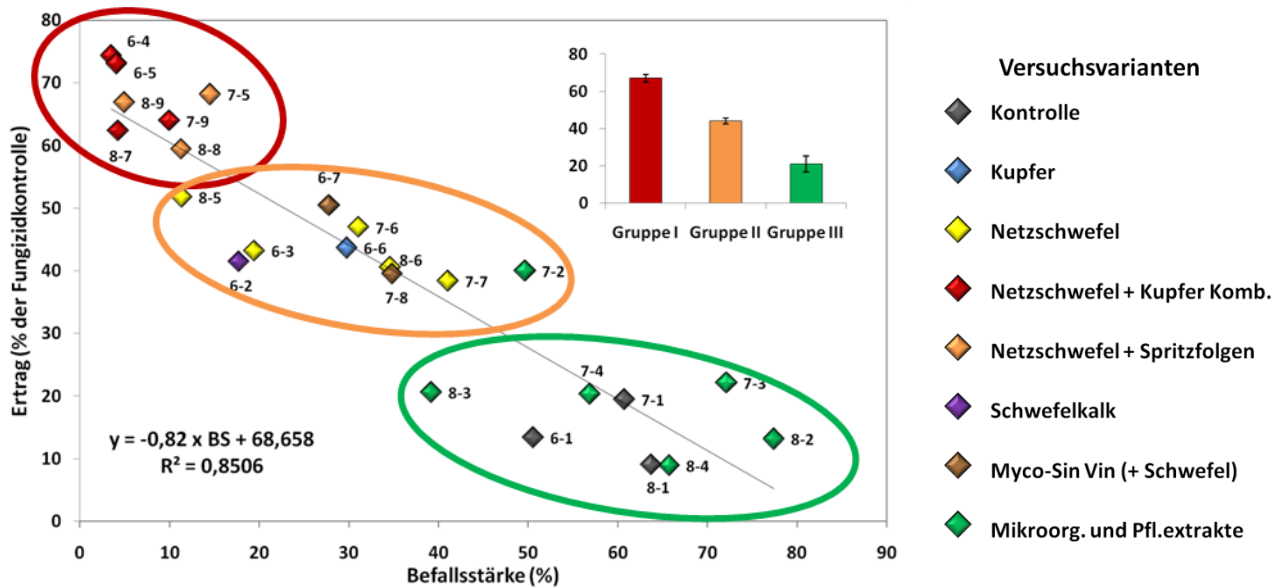


Abb. 72: Zusammenhang zwischen Befallsstärke und Erntertrag (in Prozent der Fungizidkontrolle) in drei Versuchsjahren. Zahlen neben den Symbolen verweisen auf die Behandlungsvarianten (Jahr-Variante). Die Fungizidkontrollen wiesen Befallsstärken zwischen 0,2 und 5 % auf, bei Erntemengen zwischen 3,6 und 4,8 kg/Stock.

Die Datenpaare gliedern sich dabei in drei Gruppen, deren Ertragswerte sich signifikant unterscheiden. Mit durchschnittlich 67 % des vollen Ertrags bei 11 % BS wurden mit den Varianten der ersten Gruppe die besten Ergebnisse erzielt. Es handelt sich dabei um die verschiedenen Kombinationen von Netzschwefel mit Kupfer und Frutogard und die komplexen, situationsangepassten Spritzfolgen. In der mittleren Gruppe mit 44 % des Normertrags bei durchschnittlich 41 % BS sind die Varianten mit Netzschwefel ohne Zusatz bzw. mit Gesteinsmehl, Kupfer, und Schwefelkalk, aber auch der saponinhaltige Yucca-Extrakt Norponin zu finden. In den restlichen Varianten mit Pflanzenextrakten und Mikroorganismen wurden im Mittelwert nur 21 % der Erntemenge bei durchschnittlich 77 % BS erzielt. Auch im Hinblick auf den Ertrag konnte somit mittel Netzschwefel in Kombination mit Kupfer sowie durch Anwendung der komplexen Spritzfolgen das beste Resultat erzielt werden.

3.6.4. Einfluss der Bekämpfungsmaßnahmen gegen die Schwarzfäule auf Raubmilben

Raubmilben sind als natürliche Antagonisten von Schadmilben und anderen Schädlingen bedeutendes Element des Rebschutz. Bei ausreichender Dichte der Raubmilben in Rebanlagen puffern sie daher die Vermehrung verschiedener Schädlinge. Bei engen Räuber-Beute-Beziehungen durchlaufen Räuber und Beute abwechselnd Massenvermehrungen. Da Raubmilben sich auch von Pollen und Perldrüsen ernähren können, sind sie in der Lage, Schadmilben dauerhaft auf sehr niedrigem Niveau zu halten. Die Erfahrung der letzten Jahrzehnte zeigte, dass es bei Anwesenheit stabiler Raubmilbenbestände nicht zu Massenvermehrungen von Schadmilben kommt. Daher ist die Schonung der Raubmilbe *Typhlodromus pyri* ein wichtiger Aspekt bei der Entwicklung von Rebschutzstrategien. Das Schädigungspotential von Pflanzenschutzmitteln gegenüber *T. pyri* ist daher auch im Zulassungsverfahren integriert. Aus diesem Grund wurde auch bei den Freilanduntersuchungen ein Begleitmonitoring der Raubmilben durchgeführt, um die Wirkung der angewandten Präparate bzw. Spritzfolgen diesbezüglich zu bewerten.

Die Raubmilbendichten waren in den Jahren 2006 und 2009 etwas niedriger als in den anderen Versuchsjahren (Abb. 73). Insgesamt ist davon auszugehen, dass der Raubmilbenbesatz im Projektzeitraum generell angestiegen war, da die Dichte in den Kontrollvarianten von 2006 bis 2010 kontinuierlich zugenommen hatte, obwohl die Versuchsanlage in jedem Jahr neu randomisiert wurde. Dies deutet darauf hin, dass sich die beobachteten Effekte auf die jeweilige Vegetationsperiode beschränkten. Die als ausreichend für einen nachhaltigen Schutz vor Spinnmilbenbefall angesehe Raubmilbendichte von einer Raubmilbe pro Blatt war zum Zeitpunkt der Endbonitur 2006 in drei Varianten, 2007 in einer, 2008 in zwei und 2009 in vier Versuchsgliedern unterschritten. Außerdem war die Raubmilbendichte im Fungizidstandard in den Jahren 2007 bis 2009, als im Gegensatz zu 2006 das als „schwach schädigend“ eingestufte Polyram WG statt des „nicht schädigenden“ Folpet eingesetzt wurde, unterhalb des Schwellenwertes.

Für die einzelnen Versuchsjahre und Versuchsglieder sind die Relationswerte in Bezug auf die Kontrollvariante in Abb. 74 dargestellt. Im Jahr 2006 lagen - mit Ausnahme der kontinuierlichen Kupferspritzfolge (VG 6) und der Schwefelkalk-Variante (VG 2) - alle Werte im „schwach schädigenden“ Bereich. Relationswerte zwischen 60 und 70 % wurden in den Kombinationen von Netzschwefel und Kupfer (VG 4 und 5) sowie in der Gesteinsmehl-Variante (VG 7) registriert. Auch der Relationswert des als „nicht schädigend“ eingestuften Vergleichsmittels Folpan (VG 8), lag über der Schwelle zu „schwach schädigend“. Diese Beobachtung - wie auch die Tatsache, dass das in späteren Jahren angewandte, als „schwach schädigend“ eingestufte Vergleichsmittel Polyram WG (VGs 10) in zwei Jahren die Schwelle „stark schädigend“ überschritt - ist vermutlich auf die hohe Zahl der Anwendungen im wöchentlichen Abstand zurückzuführen, die nicht der Zulassung und der Praxis dieser Fungizide entspricht, für die spezifische Versuchsanstellung aber notwendig war.

Auch 2007 traten die höchsten Raubmilbenbesätze in der Kontrollvariante (VG 1) auf. Die geringsten mittleren Dichten der Versuchsvarianten wurden auf Blättern der Variante 8 (Schwefel + Gesteinsmehl) festgestellt. Bei insgesamt elf Applikationen blieben nur die Relationswerte der Pflanzenextrakt-Varianten (VG3 und 4) unterhalb der Schwelle zur Kategorie „schwach schädigend“.

Tab. 23: Überblick über die Behandlungsvarianten, in deren Rahmen Raubmilbenerhebungen durchgeführt wurden.

Varianten 2006		Varianten 2007	
1	Kontrolle	1	Kontrolle
2	Schwefelkalk	2	Norponin BS Liquid
3	Thiovit Jet	3	Nor-Spice Te Liquid
4	Cuprozin fl. Spritzfolge 1 + Thiovit Jet	4	BioBlatt Mehltaumittel
5	Cuprozin fl. Spritzfolge 2 + Thiovit Jet	5	Thiovit Jet + Frutogard (bis ES73)
6	Cuprozin fl. Spritzfolge 1	6	Thiovit Jet durchgehend 3,2 kg
7	Myco-Sin VIN	7	Thiovit Jet durchgehend nach Zulassung
8	Fungizidstandard (Folpet)	8	Thiovit Jet + Myco-Sin Vin
		9	Thiovit Jet + Cuprozin fl. (max. 2 kg RK/ha)
		10	Fungizidstandard (Polyram WG)
Varianten 2008		Varianten 2009	
1	Kontrolle	1	Kontrolle
2	TRF	2	Heliosoufre S
3	Waschnuss Pulver + NUFILM P	3	Thiovit Jet + Waschnuss Pulver + Gummi arabicum
4	Serenade max	4	Thiovit Jet + Primelwurzel-Extrakt + Gummi arabicum
5	Thiovit Jet + Waschnuss Pulver	5	Thiovit Jet + NanoKupfer
6	Thiovit Jet	6	Thiovit Jet
7	Thiovit Jet + Cuprozin fl.	7	Thiovit Jet + Cuprozin fl. 100g/Applikation
8	Thiovit Jet + Myco-Sin Vin oder Frutogard (bis 73) bzw. Cuprozin fl.	8	Thiovit Jet + Cuprozin fl.
9	Schwefel + Gesteinsmehl oder Kupfer	9	Thiovit Jet + Frutogard (bis ES73) bzw. Myco-Sin Vin + Cuprozin fl.
10	Fungizidstandard (Polyram WG)	10	Integrierter Standard (Polyram WG)

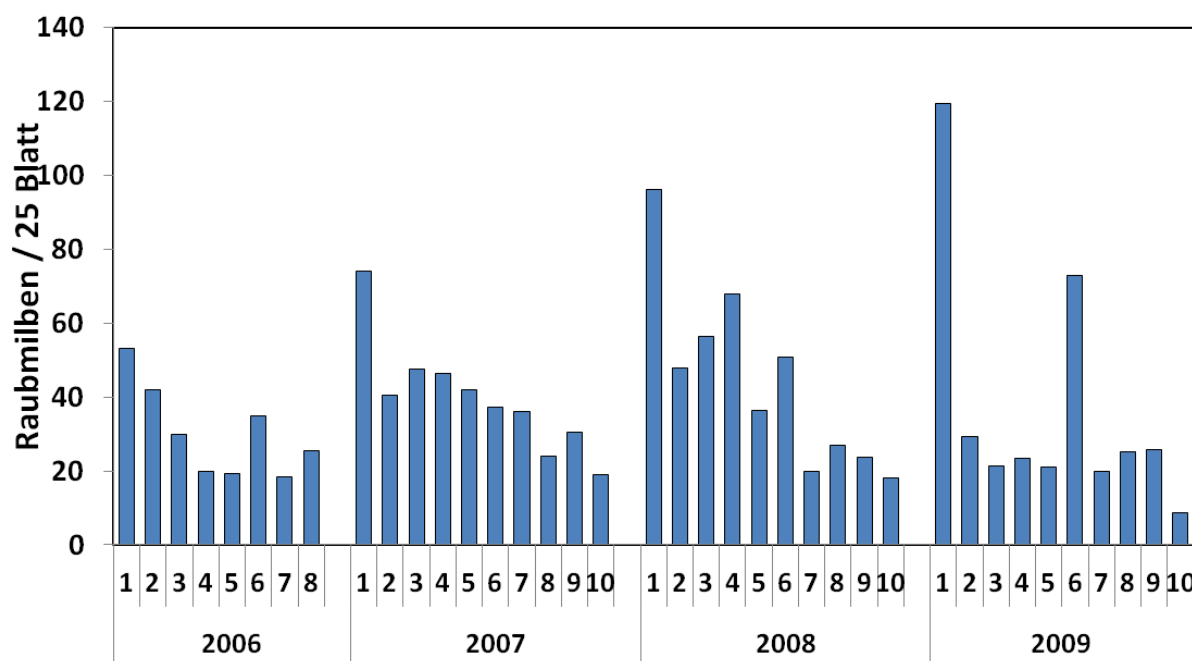


Abb. 73: Durchschnittliche Raubmilbendichten (RM/25 Blatt) in den Versuchsvarianten zum Zeitpunkt der letzten Bonitur, Ende August bis Mitte September (Mittelwerte aus vier Wiederholungen). Für die Variantenbezeichnungen siehe Tab. 23.

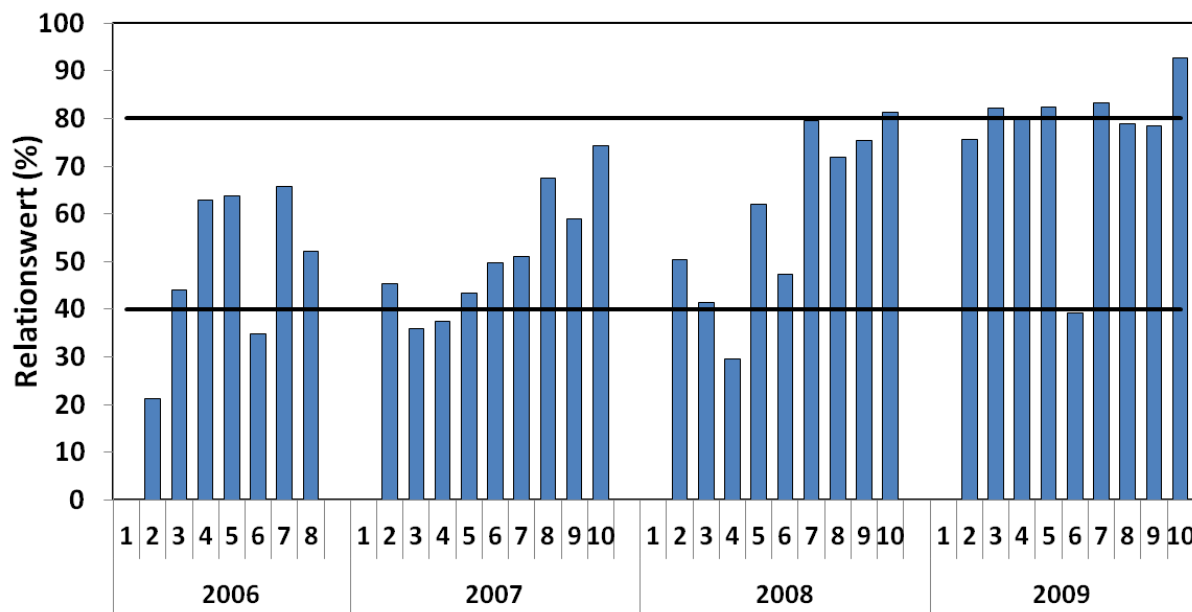


Abb. 74: Relationswerte (bezogen auf die Kontrolle, VG1) in den Versuchsvarianten zum Zeitpunkt der letzten Bonitur, Ende August bis Mitte September (Mittelwerte aus vier Wiederholungen). Für die Variantenbezeichnungen siehe Tab. 23. Die Linien kennzeichnen Schwellenwerte, oberhalb derer die jeweiligen Präparate als schädigend ($40\% \leq RW < 80\%$) bzw. stark schädigend ($RW \geq 80\%$) eingestuft werden.

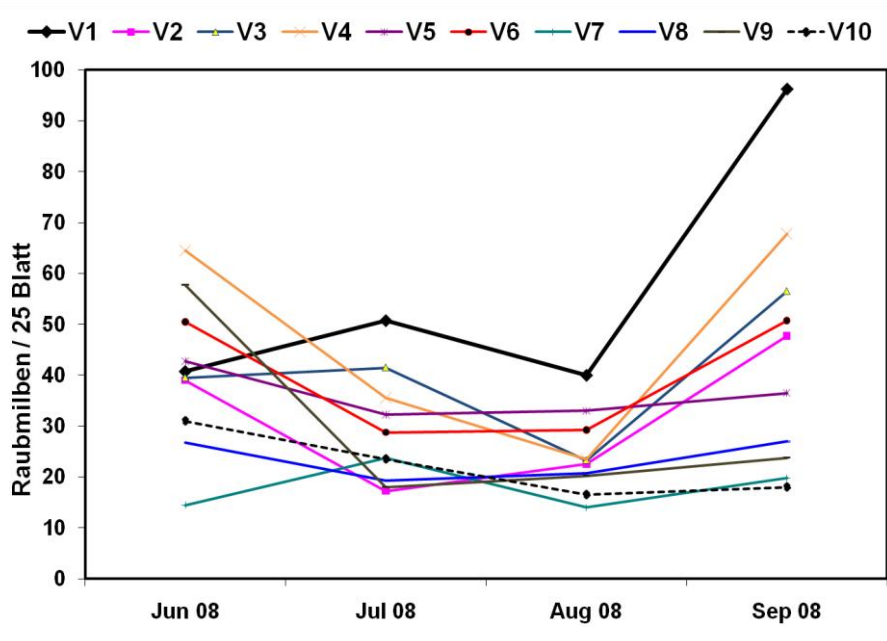


Abb. 75: Populationsentwicklung der Raubmilben von Juni bis September 2008 (Mittelwerte der Raubmilbendichte aus vier Wiederholungen).

In Abb. 75 sind als Beispiel für die Populationsentwicklung der Raubmilben die Daten des Jahres 2008 dargestellt. Auch in den anderen Versuchsjahren wurde beobachtet, dass sich die Werte erst zum September hin differenzierten, wobei in den unbehandelten Kontrollen der für unbeeinflusste Raubmilbenpopulationen typische Anstieg der Populationsdichte festgestellt wurde, der in den übrigen Varianten ausblieb. Erst nach Ende der Pflanzenschutzmaßnahmen kam es somit zu einer deutlichen Differenzierung zwischen den Varianten. Nur die Relationswerte (RW) der Waschnuss-Variante (VG 3) und von Serenade max (VG 4)

blieben 2008 unter oder knapp im Bereich der Schwelle zu „schwach schädigend“, während sich die Kombination von Netzschwefel mit Kupfer oder Gesteinsmehl (VG 7 bis 9) mit Relationswerten von 72 bis 79 % erneut als stärker schädigend an der Grenze zu „stark schädigend“ erwiesen. Die Kombination aus Schwefel und Waschnuss (VG 5) dezimierte die Raubmilben stärker als die beiden Komponenten allein (VG 3 und VG 6).

In der Saison 2009 wurden besonders starke Effekte in Bezug auf Raubmilbenpopulationen beobachtet. Nur Netzschwefel allein blieb trotz kontinuierlicher Applikation unterhalb des Schwellenwertes zu „schwach schädigend“, während die Relationswerte der übrigen Versuchsglieder die Grenze zu „stark schädigend“ nahezu erreichten oder sogar überschritten. Während dies für die Schwefel-Kombinationsvarianten (VG 5 und 7 bis 9) die bisherigen Beobachtungen bestätigte, hatten die saponinhaltigen Präparate in den Vorjahren besser abgeschnitten. Das in 2009 zur Verbesserung der Haftfähigkeit zugesetzte Gummi arabicum könnte die Ursache dafür sein. Zur endgültigen Beurteilung dieses Ergebnisses sind jedoch weitere Untersuchungen notwendig.

Die häufigen Applikationen im Wochenrhythmus stellen für die Raubmilbenschonung offenbar ein Problem dar, wie auch die Auswirkungen der - nicht zulassungskonformen und nicht praxisrelevanten - elf- bis zwölfmaligen Anwendung der in den Fungizidstandards verwendeten „nicht schädigenden“ bzw. „schwach schädigenden“ Fungizide belegen. Gerade die in Hinblick auf die Regulation der Schwarzfäule als am besten eingestuftes Varianten (Kombinationen von Netzschwefel mit Kupfer bzw. mit Gesteinsmehl) zeigten einen besonders hohen Einfluss. Wie bereits oben angeführt, war die Schädigung jedoch auf die jeweiligen Versuchsjahre beschränkt. Bei langjähriger und - im Gegensatz zu der Versuchsanlage mit einreihigen Varianten - großflächiger Anwendung solcher Kombinationen können dauerhafte Effekte auf Raubmilbenpopulationen jedoch nicht ausgeschlossen werden. Trotz der in mehreren Varianten zum Herbst hin sehr niedrigen Raubmilbendichten kam es in keinem Fall zu Massenvermehrungen und/oder Schäden durch Spinnmilben. Deren Entwicklung wird vermutlich durch die Anwendung von Netzschwefel ebenfalls begrenzt.

3.6.5. Parallele Regulation der Schwarzfäule und des Falschen Mehлтаus im ökologischen Weinbau

In der weinbaulichen Praxis ist es notwendig, neben der Schwarzfäule auch die *Peronospora* regelmäßig zu bekämpfen. Daher wurde untersucht, ob die sich in den Vorjahren in Freilandversuchen zur Bekämpfung der Schwarzfäule als effektiv erwiesene „Öko-Spritzfolge“ mit Netzschwefel in situations- und stadienbedingter Kombination mit Kupfer bzw. Pflanzenstärkungsmitteln auch gegen *Peronospora* wirksam ist. Unter dem extremen Befallsdruck des Jahres 2009 war der *Peronospora*-Befall in Wolf nicht einzudämmen. Die hier diskutierten Versuche wurden jedoch in Kues auf dem Institutsgeländer des JKI sowie in Geisenheim durchgeführt, wo aufgrund der Standortbedingungen der Infektionsdruck durch beide Schaderreger regelmäßig geringer ist. In dem Versuch in Kues waren neben der Ökospritzfolge auch eine völlig unbehandelte Variante und zwei Kontrollvarianten mit synthetischen Fungiziden, die entweder nur gegen Schwarzfäule (*Peronospora*-Kontrolle) oder gegen *Peronospora* (Schwarzfäule-Kontrolle) wirken, enthalten (Tab. 9). In Geisenheim war neben der Ökospritzfolge und der unbehandelten Kontrolle eine Variante mit Netzschwefel und Kupfer in den Versuch integriert (Tab. 10), eine Kombination, die sich gegen die Schwarzfäule ebenfalls als wirksam erwiesen hatte.

Die Ökospritzfolge wie die Kombination Schwefel-Kupfer verringerten die Befallsstärke durch die ***Peronospora*** (Abb. 76). In Kues war die Befallsstärke mit 8 % gegenüber 36 – 42 %

signifikant verringert. In Geisenheim wurde die Peronospora-Befallsstärke von 12 % in der unbehandelten Kontrolle auf 5 % in der Schwefel-Kupfer Variante und 3 % in der Ökospritzfolge reduziert.

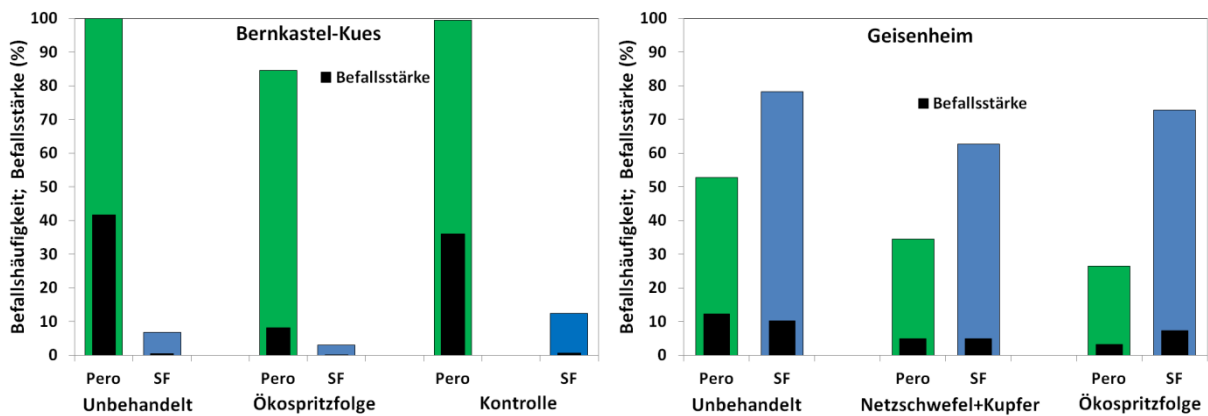


Abb. 76: Ergebnisse der gleichzeitigen Bekämpfung von Peronospora (Pero) und Schwarzfäule (SF) an den Standorten Bernkastel-Kues und Geisenheim 2009. Für Details zu den Varianten siehe Tab. 9 bzw. Tab. 10.

In Kues wurde der **Schwarzfäule-Befall** in der unbehandelten Kontrolle (BS 0,56 %) durch die Ökospritzfolge auf eine Befallsstärke von 0,18 % signifikant reduziert. Das extrem niedrige Befallsniveau erlaubte jedoch keine gesicherte Aussage über die Effizienz der Versuchsvariante. Im Gegensatz zu den Erfahrungen der Vorjahre in Wolf wurde die Schwarzfäule in Geisenheim durch die Schwefel-Kupfer Kombination deutlicher reduziert (von 10 % auf 5 % BS) als durch die Ökospritzfolge (7 % BS). Die guten Erfahrungen mit der Ökospritzfolge in Bezug auf die Minderung des Schwarzfäule-Befalls ließen sich in den hier diskutierten Versuchen nur bedingt bestätigen. Deutlich wurde jedoch an beiden Standorten, dass diese Behandlungsvariante auch gegenüber der Peronospora einen begrenzenden Effekt zeigt. Den vorliegenden Versuchsergebnissen kommt nur ein orientierender Charakter zu. Daraus zu ziehende Schlussfolgerungen bedürfen der Absicherung durch weitere Freilanduntersuchungen.

3.7. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Biologie des Schwarzfäuleerregers

Die Biologie von *Guignardia bidwellii* und die Wechselwirkungen des Schaderregers mit der Rebe wurden intensiv untersucht. Es wurden grundlegende Daten zum Zusammenhang zwischen den Witterungsbedingungen und dem Infektionsprozess erarbeitet und die vom Entwicklungszustand abhängige Anfälligkeit der Trauben untersucht. Auch zum Umfang und zum Zeitpunkt der Fruchtkörperentwicklung, der Sporenbildung und der Sporenverbreitung in Zusammenhang mit agrarmeteorologischen und bewirtschaftungsspezifischen Parametern wurden neue Erkenntnisse gewonnen. Nicht zuletzt wurde der Infektionsprozess von der Sporenkeimung bis zur Bildung von Hyphennetzen und der Entstehung von Blattnekrosen eingehend untersucht und charakterisiert.

Die zur Biologie des Schwarzfäuleerregers gewonnenen Untersuchungsergebnisse bilden die Grundlage für die Erarbeitung von Entscheidungshilfen für Pflanzenschutzmaßnahmen, die auf Witterungsdaten unter Berücksichtigung der Phänologie der Rebe basieren. Damit wird es möglich, Verfahren zur Einschätzung des Schadensrisikos und zur besseren Terminierung von Pflanzenschutzmaßnahmen zu entwickeln. Die Erkenntnisse zur Länge der Inkubationszeit ermöglichen es, Pflanzenschutz- und Pflanzenstärkungsmitteln mit protektiver (bzw. leicht kurativer) Wirkung gezielt einzusetzen. Die Projektergebnisse kommen dem ökologischen Weinbau zugute, sie sind jedoch ebenso von Nutzen für den integrierten Weinbau.

Beurteilung der Anfälligkeit von Rebsorten

Durch den Anbau von Rebsorten, die gegen Pilzkrankheiten weniger anfällig sind, kann der Aufwand für Rebschutz im ökologischen Weinbau verringert werden. Die derzeit verfügbaren „pilzwiderstandsfähigen Rebsorten“ (PIWI) wurden besonders in Hinblick auf eine verminderte Anfälligkeit gegen Echten und Falschen Mehltau gezüchtet. Beim erstmaligen Ausbruch der Schwarzfäule zeigten verschiedene pilzwiderstandsfähige Sorten eine überraschend hohe Anfälligkeit für die Schwarzfäule. Daher müssen in den durch die Schwarzfäule betroffenen Weinbaugebieten anfällige PIWI ebenso durch Pflanzenschutzmaßnahmen geschützt werden wie traditionelle Rebsorten, wodurch die Vorteile des Anbaus solcher Sorten relativiert werden. Daher wurden in diesem Projekt traditionelle Rebsorten und im ökologischen Weinbau verbreitete PIWI im Gewächshaus und im Freiland in Hinblick auf ihre Anfälligkeit gegen die Schwarzfäule charakterisiert und Sorten mit mittlerer und geringer Sensitivität identifiziert. Dem ökologischen Weinbau stehen dadurch Informationen zur Auswahl geeigneter „pilzwiderstandsfähiger“ Rebsorten zum Anbau in den von der Schwarzfäule bedrohten Weinbaugebieten zur Verfügung.

Maßnahmen zur Befallsprävention

Der Befallsprävention kommt besonders im ökologischen Weinbau eine elementare Bedeutung zu, da die Möglichkeiten der Bekämpfung pilzlicher Schaderreger im Vergleich zum konventionellen Weinbau eingeschränkt sind. Aus der Praxis des ökologischen Weinbaus wurden daher häufig Fragen nach den Möglichkeiten gestellt, durch Anpassung der Kulturbedingungen das Infektionsrisiko zu senken bzw. den Epidemieverlauf abzuschwächen. In Kooperation mit Praxisbetrieben wie auch auf Versuchsflächen wurde daher die Wirksamkeit verschiedener Maßnahmen zur Verminderung des Primär- und Sekundärinokulums der Schwarzfäule untersucht.

Die Untersuchungsergebnisse machten deutlich, dass die in Nordamerika populären Voraustriebs-Behandlungen mit Schwefelkalk keinen messbaren Effekt auf den späteren Schwarzfäule-Befall haben und daher der Praxis nicht empfohlen werden können. Andererseits konnte gezeigt werden, dass von kompostiertem Traubentrester keine Infektionsgefahr ausgeht und dieses Material den Rebflächen wieder zugeführt werden kann. Weiterhin wurde deutlich, dass befallenem Rebholz und den am Drahtrahmen verbleibenden Ranken eine große Bedeutung für die Intensität von Primärinfektionen zukommt und dieses Material daher dort gezielt entfernt werden sollte, wo die Schwarzfäule Probleme verursacht. Das Entfernen befallener Blätter aus der Laubwand wurde als wirksame Maßnahme zur Senkung des Risikos von Sekundärinfektionen an Trauben identifiziert. Die in diesem Teil des Projektes gewonnenen Erkenntnisse kommen unmittelbar der Praxis zugute. Die empfohlenen Präventionsmaßnahmen werden bereits verbreitet angewendet.

Selektion wirksamer Pflanzenextrakte und Mikroorganismen

Zur Selektion wirksamer Pflanzenextrakte, Mikroorganismen sowie Pflanzenschutz- und Stärkungsmitteln, die für den ökologischen Weinbau genutzt werden können, wurden Testsysteme für *in-vitro*-Studien wie auch für Gewächsversuche mit Topfreben entwickelt bzw. adaptiert, die über das Projekt hinaus für Untersuchungen mit dem Schwarzfäule-Erreger genutzt werden können.

Ein weites Spektrum verschiedenster Agenzien wurde in Hinblick auf ihre Wirkung gegen *G. bidwellii* charakterisiert und Wirkmechanismen untersucht. Neben schwefel- und kupferhaltigen Pflanzenschutzmitteln, deren Wirksamkeit in Freilandversuchen bestätigt werden konnte, erwiesen sich in erster Linie saponinhaltige Pflanzenextrakte, besonders Primelwurzel und Waschnusspulver, unter *in-vitro* und Gewächshausbedingungen als gut wirksam. Da mit den Saponinen unter Freilandbedingungen - bedingt durch unzureichende Regenfestigkeit - nur ungenügende Resultate erzielt werden konnten, wurden die Wirkmechanismen genauer studiert und Möglichkeiten zur Optimierung dieser Extrakte untersucht. In Hinblick auf die Schwarzfäulebekämpfung wurden mit den Saponinen potente Pflanzenextrakte identifiziert, die jedoch bis zur praktischen Anwendung einer weiteren Optimierung und Formulierung bedürfen.

Direkte Bekämpfung der Schwarzfäulebekämpfung im ökologischen Weinbau

Die Freilandversuche wurden durchgeführt, um die Eignung bestimmter Präparate unter Praxisbedingungen zu prüfen, die *in-vitro* und in Gewächshausversuchen eine gute Wirkung gegen den Schwarzfäule-Erreger zeigten. Die im Gewächshaus beobachtete gute Wirkung von Schwefel sowie die im Vergleich dazu geringere Wirkung von Kupferhydroxid, Gesteinsmehlen und Schwefelkalk wurde im Freiland bestätigt. Weitaus besser war jedoch die Wirkung von Netzschwefel und Kupfer in Kombination. In verschiedenen *in-vitro*- und Gewächshausversuchen wurde mehrfach festgestellt, dass saponinhaltige Pflanzenextrakte eine sehr gute Wirkung gegen den Erreger der Schwarzfäule hatten, so dass sie aus dem Pool der übrigen geprüften Pflanzenextrakte und Kulturüberstände von Mikroorganismen für weitere Versuche ausgewählt wurden. Bedauerlicherweise war deren Wirkung im Freiland unter Praxisbedingungen nicht ausreichend, was wahrscheinlich auf die leichte Abwaschbarkeit durch Regen zurückzuführen ist. Darauf weisen auch die entsprechenden Ergebnisse aus den Laborversuchen, z.B. zur Regenfestigkeit des Primelwurzel-Extraktes, hin. Der einfache Zusatz von Netz- und Haftmitteln in die Spritzbrühe führte nicht zum Erfolg. In diesem Bereich sind also weitergehende Untersuchungen zur Optimierung der Formulierung angezeigt, um das den saponinhaltigen Extrakten aus Waschnuss und Primelwurzel zweifellos

innewohnende Potential zu nutzen. Konkret sollten intensive Arbeiten zur Formulierung entsprechender Präparate mit dem Ziel einer verbesserten Regenfestigkeit durchgeführt werden. Solche aufwendigen Studien waren nicht Gegenstand des vorliegenden Projektes. Es wäre allerdings ein lohnendes Ziel, diese Pflanzenextrakte für den Pflanzenschutz im ökologischen Weinbau nutzbar zu machen. Immerhin wurde die gute Wirkung des Netzschwefels durch den Zusatz des Waschnuss-Extraktes weiter verbessert. Es wird vermutet, dass in der vorliegenden Kombination der optimal formulierte Netzschwefel die Anlagerungseigenschaften des Waschnuss-Extraktes positiv beeinflusst hat, was möglicherweise zu den beobachteten synergistischen Effekten führte,

Die mit Abstand besten Ergebnisse wurden durch Kombination von Netzschwefel mit Kupfer erzielt. Dabei erwies sich eine Aufwandmenge von 100 g/ha Reinkupfer pro Applikation als ausreichend. Durch den stadien- und infektionsrisikoabhängigen partiellen Ersatz des Kupfers durch Gesteinsmehl konnte die jährlich notwendige Kupferaufwandmenge weiter reduziert werden. Mit Aufwandmengen von 800 bis 1600 g/ha Reinkupfer über die gesamte Vegetationszeit ließ sich eine zufriedenstellende Befallsreduktion erreichen. Die geprüfte „Ökospritzfolge“, in der bei niedrigem Infektionsdruck Gesteinsmehl mit Netzschwefel kombiniert und bei hohem Infektionsdruck vor der Blüte Frutogard an der Stelle von Kupfer eingesetzt wurde, fiel gegenüber der Netzschwefel-Gesteinsmehl-Kupfer Variante etwas ab, ermöglichte jedoch eine weitere Verminderung des Kupferaufwands. Bei geringerem Infektionsdruck als am Versuchsstandort Wolf könnte diese Variante wie auch die kupferfreie Netzschwefel-Waschnuss Kombination ausreichend Schutz bieten. Für eine abschließende Beurteilung beider Möglichkeiten erscheinen jedoch noch weitere Erfahrungen aus Feldversuchen notwendig.

Wie die Untersuchungsergebnisse der Raubmilben-Studien zeigten, gibt es jedoch negative Effekte auf die Populationen dieser Nützlinge. Die Ergebnisse basieren auf wöchentlichen Applikationen, wie sie jedoch in der Praxis des ökologischen Weinbaus – insbesondere bei hohem Peronospora-Infektionsdruck – üblich sind. Die lange Wartezeit für Netzschwefel kann, je nach Rebsorte und Rebenentwicklung, die Anwendung der Netzschwefel-Kombinationen gegen Ende der Rebschutz-Saison einschränken. Allerdings ist die besonders sensible Phase der Trauben für Schwarzfäule-Infektionen dann bereits vorbei.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass sich aus den Versuchsergebnissen auf der Basis des Einsatzes von Netzschwefel und Kupferhydroxid eine derzeit für die Praxis des ökologischen Weinbaus verfügbare Bekämpfungsmöglichkeit ableiten lässt und dass sich Zukunftsperspektiven für kupferfreie Kombinationen von Netzschwefel mit Saponinen aufzeigen ließen.

4. Zusammenfassung

Mit dem Forschungsprojekt „Strategien zur Regulation der Schwarzfäule im ökologischen Weinbau“ sollte ein Konzept für die Prävention und Regulation der Schwarzfäule (*Guignardia bidwellii*) im ökologischen Weinbau entwickelt werden. Das große Schadenspotential dieser Krankheit wurde bei Ausbrüchen der Krankheit seit Mitte der 2000er Jahre in mehreren deutschen Weinbaugebieten deutlich. Das Forschungsprojekt verfolgte das Ziel, Informationen und Methoden zu erarbeiten und zu prüfen, die es dem ökologischen Weinbau ermöglichen, gravierende wirtschaftliche Schäden durch die Schwarzfäule zu vermeiden und die Produktionssicherheit in den Befallsgebieten zu gewährleisten. Dazu kooperierten Verbundpartner aus fünf Instituten mit unterschiedlichen Arbeitsschwerpunkten. Ein enger Kontakt zur Praxis des ökologischen Weinbaus war durch den Anbauverband ECOVIN als weiterer Verbundpartner gewährleistet, der unter anderem Versuchsflächen zur Verfügung stellte. Das Gesamtprojekt umfasste drei miteinander eng verzahnte Aufgabengebiete: Die Erforschung der Biologie des Schwarzfäule-Erregers sowie die Abschätzung seines Infektionspotentials und des Befallsrisikos; die Untersuchung des Beitrags, den Bewirtschaftungsmaßnahmen und „pilzwiderstandsfähige“ Rebsorten zur Befallsprävention bzw. zur Schadensminimierung leisten können; und die Identifikation wirksamer Agenzien, die im ökologischen Weinbau verwendet werden können sowie die Erprobung solcher Präparate unter Freilandbedingungen.

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden grundlegende Daten zur Biologie und Epidemiologie des Schwarzfäule-Erregers und seiner Interaktionen mit Reben erarbeitet. So wurde der Infektionsprozess auf Reblättern eingehend untersucht und beschrieben. Der Zusammenhang zwischen den Witterungsbedingungen und dem Infektionsprozess an *Vitis vinifera* wurde eingehend analysiert und die Anfälligkeit der Trauben in Abhängigkeit von ihrem Entwicklungsstadium untersucht. Studien der Fruchtkörperentwicklung an unterschiedlich exponierten Traubenmumien sowie zur Sporenbildung und -verbreitung in Zusammenhang mit Witterungsparametern ermöglichten Einblicke in die Verbreitungsstrategie des Pilzes und seine Anpassung an die Phänologie seiner Wirtspflanze. Die Ergebnisse dieses Projektteils bieten eine zuverlässige Grundlage für die Entwicklung von Systemen zur Befallsprognose und zur Entscheidungshilfe für Pflanzenschutzmaßnahmen.

Während alle geprüften traditionellen Rebsorten hoch anfällig für die Schwarzfäule waren, konnten die untersuchten „pilzwiderstandsfähigen“ Sorten nach ihrer Anfälligkeit differenziert werden. Neben hoch anfälligen Sorten waren mehrere Piwi als weniger empfindlich einzustufen. Die Sorten Cabernet Carol, Merzling und Solaris wiesen nur eine geringe Anfälligkeit für die Schwarzfäule auf. Durch die Applikation von Gesteinsmehl konnte zwar die Anfälligkeit der traditionellen Rebsorte Müller-Thurgau verringert werden, bei den bereits weniger krankheitsanfälligen Piwi ließen sich in dieser Hinsicht keine eindeutigen Effekte beobachten. Bei den in Hinblick auf die Schwarzfäule-Anfälligkeit als intermediär bzw. gering anfällig eingestuften Piwi-Sorten Helios und Solaris waren die Sporenkeimung und die Appressorienbildung im Vergleich zur Rebsorte Riesling reduziert, während die Bildung von Hyphennetzen weitgehend bzw. vollständig unterblieb. Freilandversuche, in denen Trauben verschiedener Piwi-Sorten in einer Versuchsanlage künstlich inokuliert wurden, bestätigten weitgehend die in Gewächshausversuchen gewonnenen Ergebnisse.

In Zusammenarbeit mit Praxisbetrieben wurde untersucht, inwieweit durch Bewirtschaftungsmaßnahmen das Infektionsrisiko in Ertragsanlagen gesenkt werden kann. Behandlungen des Rebholzes mit Schwefelkalk vor dem Austrieb erwiesen sich als unwirksam. Es konnte jedoch gezeigt werden, dass nicht nur Traubenmumien, sondern auch befallenes Rebholz und am Drahtrahmen verbleibende Ranken das Risiko von Primärinfektionen am Reblaub erhöhen. Durch sorgfältiges Entfernen dieses befallenen Materials kann somit das

Infektionsrisiko gesenkt werden. Traubentresten kann ohne Bedenken in die Rebanlagen verbracht werden, sofern er vorher sorgfältig kompostiert wurde. Von der Schwarzfäule befallene Rebblätter sind wichtige Infektionsquellen für die Trauben. Durch das Entfernen dieses Materials kann das Infektionsrisiko für die Trauben gesenkt werden. Diese Arbeit lässt sich mit den übrigen Laubarbeiten kombinieren und wird in der Praxis bereits erfolgreich und verbreitet angewandt. Ob die abgesammelten Blätter aus den Rebflächen entfernt werden müssen, konnte nicht abschließend beurteilt werden.

Es wurden 33 Bakterien- und 18 Pilzisolat hinsichtlich ihrer Wirkung gegen die Schwarzfäule untersucht, von denen die fünf bzw. zehn Isolate, welche die beste Wirkung zeigten, an Topfreben auf ihre Wirksamkeit überprüft wurden. Mit Ausnahme des *Bacillus subtilis*-Präparats ‚Serenade‘ zeigten Mikroorganismen keine befriedigende Wirkung. Unter den Pflanzenextrakten waren die saponinhaltigen Extrakte aus Primelwurzel und Efeu am wirksamsten. Auch kommerzielle saponinhaltige Produkte und das Biofungizid ‚Vegard‘ waren an Topfreben gut wirksam. Daher wurden Wirkmechanismus und Wirkungsspektrum des Primelwurzel-Extrakts stellvertretend für die saponinhaltigen Präparate genauer untersucht. Dieses Präparat hemmte nicht nur das Pilzwachstum *in-vitro* sondern auch sehr stark die Sporenkeimung auf den Blättern von Topfreben. Versuche zur Optimierung der Wirkung des Primelwurzel-Extrakts in Hinblick auf seine Wirksamkeit im Freiland zeigten, dass UV-Licht keinen negativen Einfluss ausübt, seine gute Wasserlöslichkeit aber ein Problem darstellt, dass auch durch Zusatz verschiedener Netz- und Haftmittel noch nicht gelöst werden konnte.

In Labor- und Gewächshausversuchen wurde die Wirksamkeit von Pflanzenstärkungs- und Pflanzenschutzmitteln geprüft, die für die Anwendung im ökologischen Weinbau geeignet wären. Unter Gewächshausbedingungen wurde mit Netzschwefel die beste Wirkung erzielt. Eine vergleichbare Wirksamkeit mit Wirkungsgraden über 90 % zeigten auch in diesen Versuchen Pflanzeninhaltsstoffe aus der Gruppe der Saponine. Eine mittlere Wirkung wiesen kupferhaltige Präparate, weitere Pflanzenextrakte, Gesteinsmehle, verschiedene Netzmittel und das Pflanzenstärkungsmittel Frutogard auf, das neben einer protektiven auch eine leichte kurative Wirkung hatte. Keimungsversuche an Blattscheiben ergaben, dass die meisten Präparate nicht die Sporenkeimung sondern die Appressorienbildung beeinflussten.

Die Wirksamkeit von Agenzien, die sich in den Gewächshausversuchen als wirksam gegen die Schwarzfäule erwiesen hatten, wurde in Freilandversuchen unter Praxisbedingungen bei hohem Infektionsdruck geprüft. Darüber hinaus wurden Kombinationen von Präparaten sowie für den ökologischen Weinbau geeignete Spritzfolgen erprobt, bei denen die verwendeten Präparate abhängig vom witterungs- und entwicklungsbedingten Infektionsrisiko variiert wurden. Unter den einzeln angewandten Präparaten hatte Netzschwefel stets die beste Wirkung, die durch Kombination mit dem Pflanzenstärkungsmittel Frutogard, mit Gesteinsmehl sowie mit dem saponinhaltigen Waschnusspulver weiter gesteigert werden konnte. Diese Kombinationen könnten unter Bedingungen niedrigen Infektionsdrucks einen ausreichenden Schutz vor Schwarzfäulebefall bieten. Die saponinhaltigen Pflanzenextrakte, z.B. Waschnusspulver, erreichten im Freiland nicht die aus Gewächshausversuchen bekannte gute Wirkung. Dafür ist offenbar die geringe Regenfestigkeit verantwortlich, die auch durch Zusatz von Netzmitteln nicht verbessert werden konnte. Die beste und mit einem als Vergleichsmittel angewandten organischen Fungizid vergleichbare Wirkung wurde durch die Kombination des Netzschwefels mit Kupferhydroxid erzielt; auch bei reduzierten Aufwandmengen an Kupfer von 1,2 kg/ha Reinkupfer. Wurde in Phasen geringeren Infektionsrisikos das Kupfer in der Mischung durch Gesteinsmehl ersetzt, ließen sich gute Wirkungsgrade auch mit einer Gesamtmenge von 0,8 kg/ha Reinkupfer erzielen. Die Versuchsapplikationen wurden praxisüblich in wöchentlichen Abständen durchgeführt. Unter diesen Bedingungen wurden in den

meisten Versuchsvarianten die Raubmilbenpopulationen geschädigt. Schäden durch Milben wurden jedoch nicht beobachtet.

Derzeit stellt im ökologischen Weinbau die Kombination aus Netzschwefel und Kupferhydroxid bei reduziertem Kupferaufwand die beste Bekämpfungsmöglichkeit für die Schwarzfäule dar. Je nach den Witterungsbedingungen und dem Entwicklungsstand der Reben kann das Kupfer jedoch in Phasen mit geringerem Infektionsrisiko durch Gesteinsmehl ersetzt und der Kupferaufwand weiter gesenkt werden. Sowohl *in-vitro* als auch in Gewächshausversuchen wurde eine sehr gute Wirkung saponinhaltiger Pflanzenextrakte gegen den Schwarzfäule-Erreger beobachtet. In Zukunft könnten diese Präparate eine Perspektive für die Schwarzfäulebekämpfung ohne Kupfer bieten, sofern das Problem der Regenfestigkeit durch geeignete Formulierung gelöst werden kann.

5. Gegenüberstellung der geplanten und tatsächlich erreichten Ziele

Ziel des Forschungsprojektes war es, ein nachhaltiges Managementkonzept zur Eindämmung der Schwarzfäule im ökologischen Weinbau zu entwickeln, um die Produktionssicherheit im ökologischen Weinbau in den von der Schwarzfäule betroffenen Weinbaugebieten zu gewährleisten. Dabei sollten unter anderem die biologisch-epidemiologischen Eigenschaften des Schaderregers in seinem neuen Befallsgebiet als Grundlage für eine fundierte Risikoeinschätzung und zur Entwicklung von Entscheidungshilfen eingehend untersucht werden.

Es wurden grundlegende Daten zum Zusammenhang zwischen den Witterungsbedingungen und dem Infektionsprozess erarbeitet und die vom Entwicklungszustand abhängige Anfälligkeit der Trauben untersucht. Auch zum Umfang und zum Zeitpunkt der Fruchtkörperentwicklung, der Sporenbildung und der Sporenverbreitung in Zusammenhang mit agrarmeteorologischen und bewirtschaftungsspezifischen Parametern wurden neue Erkenntnisse gewonnen. Darüber hinaus wurde der Infektionsprozess von der Sporenkeimung bis zur Bildung von Hyphennetzen und der Entstehung von Blattnekrosen eingehend untersucht und charakterisiert. Diese Informationen ermöglichen es, das Infektionsrisiko situationsbezogen zu beurteilen. Sie bilden weiterhin die Grundlage für die Entwicklung von Entscheidungshilfen. Somit wurde dieses Projektziel erreicht.

Ein weiteres Projektziel bestand in der Erarbeitung und Evaluierung weinbaulicher Maßnahmen zur Befallsprävention und zur Abschwächung des Epidemieverlaufs einschließlich der Bewertung der Anfälligkeit verschiedener Rebsorten für die Schwarzfäule.

Die Anfälligkeit traditioneller Rebsorten und im ökologischen Weinbau verbreiteter „pilzwiderstandsfähiger“ Rebsorten wurde durch Gewächshaus- und Freilandversuche bestimmt und Sorten mit geringerer Sensitivität identifiziert. Dadurch stehen dem ökologischen Weinbau Informationen zur Auswahl geeigneter Rebsorten in von der Schwarzfäule befallenen Gebieten zur Verfügung.

Die Relevanz verschiedener befallener Reborgane (Blätter, Trauben, Holz, Ranken) für die Primärinfektion und den weiteren Krankheitsverlauf der Schwarzfäule wurde ermittelt und es wurde untersucht, ob und in welchem Maß durch das Entfernen risikobehafteten Materials Ertragseinbußen vermindert werden können. Diese Maßnahmen können von der weinbaulichen Praxis unmittelbar angewandt werden. Auch dieses Teilziel des Projektes wurde erreicht.

Ziel des dritten Arbeitsfeldes war es, Bekämpfungsmaßnahmen gegen die Schwarzfäule zu entwickeln, die unter den spezifischen Bedingungen des ökologischen Weinbaus angewandt werden können und die es ermöglichen, auch bei Infektionsdruck durch die Schwarzfäule wirtschaftlich untragbare Schäden zu vermeiden.

Trotz der Prüfung eines weiten Spektrums von Isolaten konnten keine Mikroorganismen als wirksame Antagonisten des Schwarzfäule-Erregers identifiziert werden. Dagegen zeigten Pflanzenextrakte aus der Gruppe der Saponine ein sehr gutes Wirkungspotential unter *in-vitro* und Gewächshausbedingungen. Darüber hinaus wurden in Gewächshausversuchen wirksame Pflanzenstärkungs- und Pflanzenschutzmittel identifiziert.

In Freilandversuche wurden Agenzien, die sich unter Gewächshausbedingungen als wirksam erwiesen hatten, unter Praxisbedingungen eingesetzt. Dabei stellte sich die Kombination von Netzschwefel und Kupferhydroxid als am besten wirksam und in der Wirksamkeit mit einem organischen Fungizid vergleichbar heraus. Die Zielvorstellung, dem ökologischen Weinbau bis zum Projektende eine ausreichend zuverlässige Bekämpfungsstrategie ohne Verwendung von Kupfer zur Verfügung stellen zu können, ließ sich

somit nicht verwirklichen. Allerdings wurde demonstriert, dass gute Bekämpfungserfolge gegen die Schwarzfäule auch mit geringen Kupfermengen in Kombination mit Netzschwefel erzielt werden konnten, die weit unter der im ökologischen Weinbau maximal zulässigen Kupferaufwandmenge liegen. Dazu wurde das Kupfer situationsabhängig durch Pflanzenstärkungsmittel ersetzt. Mit den Saponinen entwickelt sich jedoch für die Zukunft eine Perspektive für eine zuverlässige Schwarzfäulebekämpfung ohne Kupfer. Voraussetzung dafür ist es, dass es gelingt, die Regenfestigkeit dieser Pflanzeninhaltsstoffe durch geeignete Formulierungen ausreichend zu erhöhen. Solche Arbeiten waren nicht Bestandteil des Projektes, dessen Ziele auch in dem Arbeitsfeld der direkten Bekämpfung der Schwarzfäule weitgehend erreicht werden konnten.

6. Literaturverzeichnis

Die im Text verwendeten Bezeichnungen Agnique PG, Agrocet 010, Bion, Blankophor, Break Thru, Chitoplant, Cocana, Cueva, Cuprozin flüssig, Elot-Vis, Folpan, Frutogard, FZB24, HF-Pilzvorsorge, Kupfer flüssig 450 FW, Lentus, Milsana, Myco-Sin, Netzschwefel Stulln, Neudo, Norponin, Nor-Spice, Nu-Film P, Polyram WG, ProNet-Alfa, Quiponin, Quiwet 541, Rocksil, Serenade, Sporodex, Tea Seed Powder, Thiovit Jet, Vegard sind eingetragene Marken.

Dubos, B. (1999): *Maladies crytogamiques de la vigne*. Editions Feret 1-174

Edwards, S.G., McKay, T. & Seddon B. (1994): Interaction of *Bacillus* species with phytopathogenic fungi – Methods of analysis and manipulation for biocontrol purposes. In: *Ecology of Plant Pathogens*, 101-118. Eds Blakeman J.P. & Williamson, B., CAB International, Wallingford, United Kingdom

Eibel, P.; Stephan, D.; Schmitt, A.; Wohleben, S.; Koch, E. (2004): Biologische Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule der Kartoffel (*Phytophthora infestans*) mittels mikrobieller Antagonisten, Pflanzenextrakten und kommerziellen biologischen Präparaten. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch.*, 396, 499.

Ferrin, D. M. and D. C. Ramsdell (1977): Ascospore dispersal and infection of grapes by *Guignardia bidwellii*, the causal agent of grape black rot disease. *Phytopathology* 67, 1501-1505.

Ferrin, D. M. and D. C. Ramsdell (1978): Influence of conidia dispersal and environment on infection of grape by *Guignardia bidwellii*. *Phytopathology* 68, 892-899

Gadoury, D. M. (2005): Controlling fungal diseases of grapevine under organic management practices. *NYSAES Bulletin* . 2005.

Heibertshausen, D. S., Baus-Reichel, O., Hofmann, U., Kogel, K.-H., Berkelmann-Löhnertz, B. (2008): Kupferersatz im ökologischen Weinbau – Vision oder Realität? Ergebnisse aus vier Versuchsjahren. 56. Deutsche Pflanzenschutztagung, Mitteilungen aus dem Julius Kühn-Institut. Band 417, 313.

Hill, G. K, Schlamp H. A. (1984): Der Einsatz der Waschmethode zur Ermittlung des Raubmilbenbesatzes auf Reblättern. *Wein-Wissenschaft* 39, 255-262.

Hoffman L.E., Wilcox W. (2003): Factors influencing the efficacy of myclobutanil and azoxystrobin for control of grape black rot. *Plant Disease*, 87.

Hoffman L.E., Wilcox W.F., Gadoury D.M., Seem R.C. (2002) Influence of grape berry age on susceptibility to *Guignardia bidwellii* and its incubation period length. *Phytopathology*, 92, 1068-1076.

Hoffman L.E., Wilcox W.F., Gadoury D.M., Seem R.C., Riegel D.G. (2004): Integrated control of grape black rot: Influence of host phenology, inoculum availability, sanitation, and spray timing. *Phytopathology*, 94, 641-650.

Hoffman LE, Wilcox W.F. (2002): Utilizing epidemiological investigations to optimize management of grape black rot. *Phytopathology*, 92, 676-680.

Holz, B. (2003): Schwarzfäule der Rebe an Mosel-Saar-Ruwer - Plötzlich und unerwartet. *Das Deutsche Weinmagazin* 6/2003, 26-29.

Holz, B. & Hoffmann, C. (2005): Schwarzfäule der Rebe (Black Rot) *Guignardia bidwellii* (Eulis) Viala & Ravaz.) *Informationsblatt der BBA*.

Jermi, M. and C. Gessler (1996): Epidemiology and control of grape black rot in southern Switzerland. *Plant Disease* 80, 322-25.

Kunz, S.; von Eitzen-Ritter, M.; Schmitt, A.; Haug, P.: Systematische Untersuchung der Wirkmechanismen von Feuerbrandpräparaten für den ökologischen Obstbau. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch.* 2004, 396, 495.

- Kuo, K.C. and Hoch, H.C. (1996): Germination of *Phyllosticta ampellicida* pycnidiospores: prerequisite of adhesion to the substratum and the relationship of substratum wettability. *Fungal Genetics and Biology* 20, 18-29.
- Lipps, H.-P.; Silvanus, W.; Harms, M. (2005): Schwarzfäule – Wie kann eine erfolgreiche Bekämpfung aussehen? *Das Deutsche Weinmagazin*; 9; S. 28-33.
- Meyer, U. M., R. A. Spotts, and F. M. Dewey (2000): Detection and quantification of *Botrytis cinerea* by ELISA in pear stems during cold storage. *Plant Disease* 84, 1099-103.
- Mohr, H. D. (Ed.) (2005): *Farbatlas Krankheiten, Schädlinge und Nützlinge an der Weinrebe*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Pezet, R. and M. Jermini (1989): Le Black-rot de la vigne: symptômes, épidémiologie et lutte. *Revue Suisse de viticulture arboriculture horticulture* 21, 27-34.
- Ramsdell, D. and R. D. Milhollan (1988): Black Rot. In R. Pearson and A. C. Goheen (eds): *Compendium of Grape Diseases*. American Phytopathological Society 1988, 15-17.
- S. Konstantinidou-Doltsinis, E. Markellou, K. Tzembelikou, E. Siranidou, A. Kalamarakis, A. Schmitt, C. Koumakis and N.E. Malathrakis: Studies on the efficacy of Sporodex L and Milsana against powdery mildew of grape. *European Journal of Plant Pathology* (eingereicht).
- Schilder, A. M. C., Gillett, J. M., Sysak, R. W., Wise, J. C. (2004): Evaluation of environmentally friendly products for control of fungal diseases. 11th International Conference on Cultivation Technique and Phytopathological Problems in Organic Fruit-Growing, Weinsberg 163-167.
- Schmitt, A. and Seddon, B. (2005): Biocontrol of plant pathogens with microbial BCAs and plant extracts - advantages and disadvantages of single and combined use. In: *Modern Fungicides and Antifungal Compounds IV Proceedings of the 14th International Reinhardtsbrunn Symposium 2004*. Eds Dehne et al., BCPC.
- Schmitt, A., Kunz, S., Nandi, S., Seddon, B., Ernst, A. (2002): Use of *Reynoutria sachalinensis* plant extracts, clay preparations and *Brevibacillus brevis* against fungal diseases of grape berries. In: 10. Internationaler Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum Ökologischen Obst- und Weinbau; Beiträge zur Tagung von 04. bis 07.02.2002 in Weinsberg. Hrsg: Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau e.V. (FÖKO) an der Staatlichen Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau (LVWO) Weinsberg. pp. 146 – 151.
- Schmitt, A., Latten, J. und Scherer, M. (1995): Pflanzenextrakte zur Krankheitsprophylaxe im Weinbau. In: *Öko-Weinbau, Boden- und Pflanzenpflege Weinqualität und Betriebswirtschaft*. Stiftung Ökologie und Landwirtschaft Sonderausgabe Nr. 64; Hampl, Hofmann et al. (Hrsg.); p. 65-68.
- Schoene, P.: *Ulocladium atrum* as an antagonist of grey mould (*Botrytis cinerea*) in grapevine. Diss. Bonn 2002.
- Spotts, R. A. (1977): Effect of leaf wetness duration and temperature on the infectivity of *Guignardia bidwellii* on grape leaves. *Phytopathology* 67, 1378-81.
- Spotts, R. A. (1980): Infection of grape by *Guignardia bidwellii* - Factors affecting lesion development, conidial dispersal, and conidial populations on leaves. *Phytopathology* 70, 252-55.
- Tiedemann, A. von, Hedtge, K, Mögling, R. (2001): Abbauverhalten von Sklerotien der Weißstengeligkeit bei Einsatz von Contans. *Raps* (1) (Sonderdruck 2001)
- Van der Aa, H. A. & Vanev, S. (2004): A revision of the species described in *Phyllosticta*." CBS, Utrecht 1-510.
- Van der Aa, H. A. (1973): Studies in *Phyllosticta* I. *Stud. Mycol.* 5 1-110.
- Viala, P. & Pacottet, P. (1904a): Black rot, 1. Sur la culture du black rot. *Bureaux de la Revue Vitic.*, Paris. 11 pp.
- Viala, P. & Pacottet, P. (1904b): Black rot, 2. Sur le developement du black rot. *Bureaux de la Revue Vitic.*, Paris. 17 pp.

- Viala, P. & Pacottet, P. (1912): Les chlamydospores du black rot. – *Annls Sci. agron. fr.* 1 3-14.
- Wilcox, W. F. (2004): in Weigle, T. H. & Muza, A. J. *New York and Pennsylvania Pest Management Guidelines for Grapes 2004*. Cornell and Penn State Cooperative Extension publication. 66 pp.

7. Übersicht über alle im Berichtszeitraum von den Projektnehmern realisierten Veröffentlichungen zum Projekt

Veröffentlichungen

- Koch, E., Kleespies, R., Enders, M., Ullrich, C.I. (2008): Histologische Untersuchungen zur Infektion und Ausbreitung des Schwarzfäule-Erregers (*Guignardia bidwellii*) bei Reben. Mitteilungen aus dem Julius Kühn-Institut 417, 359.
- Koch, E., Molitor, D., Loskill, B. (2007): Evaluation of non-chemical agents for control of black rot on grape vine (*Guignardia bidwellii*) in organic farming. XVI International Plant Protection Congress, Congress Proceedings, 486-487, The British Crop Production Council.
- Loskill, B. & Molitor, D. (2008): Ökologischer Weinbau - Regulierung der Schwarzfäule. Das deutsche Weinmagazin 12, 8-12.
- Loskill, B., Molitor, D., Berkelmann-Löhnertz, B., Koch, E., Harms, M., Maixner, M. (2008): Regulation der Schwarzfäule im ökologischen Weinbau. Tagungsband zum Fachgespräch: "Bedeutung von Kupfer für den Pflanzenschutz, insbesondere für den Ökologischen Landbau - Reduktions- und Ersatzstrategien", Berichte aus dem Julius Kühn-Institut 142: 27-32.
- Loskill, B.; Berkelmann-Löhnertz, B.; Molitor, D.; Koch, E.; Harms, M.; Maixner, M.: Strategien zur Regulation der Schwarzfäule im ökologischen Weinbau - Ergebnisse aus zwei Versuchsjahren. 56. Deutsche Pflanzenschutztagung, Mitteilungen aus dem Julius Kühn-Institut. Band 417, 308-309.
- Loskill, B.J.; Hoffmann, C.; Schmitt, A.; Koch, E.; Berkelmann-Löhnertz, B.; Harms, M.; Maixner, M. (2006). Strategien zur Regulation der Schwarzfäule (*Guignardia bidwellii*) im ökologischen Weinbau. 55. Deutsche Pflanzenschutztagung - Mitteilung aus der Biologischen Bundesanstalt 390, 176.
- Molitor, D. (2008): Schwarzfäule - auch 2008 zu beachten! Die Winzer-Zeitschrift 5: 35-36.
- Molitor, D. (2009): Untersuchungen zur Biologie und Bekämpfung der Schwarzfäule an Weinreben. Geisenheimer Berichte 65, 1-154.
- Molitor, D., Frühauf, C., Baus, O., Berkelmann-Löhnertz, B. (2008): Einfluss der Temperatur auf die Länge der Inkubationszeit bei *Guignardia bidwellii*. 56. Deutsche Pflanzenschutztagung. Mitteilungen aus dem Julius Kühn-Institut. Band 417, 360.
- Ullrich, C. I., Kleespies, Regina G., Enders, M., Koch, E. (2009): Biology of the black rot pathogen, *Guignardia bidwellii*, its development in susceptible leaves of grapevine *Vitis vinifera*. Journal für Kulturpflanzen, 61, 82-90.

Vorträge und Poster

- Berkelmann-Löhnertz: Einfluss der Rebphänologie und der Witterung auf den Infektionsverlauf der Schwarzfäule.
57. Deutsche Pflanzenschutztagung, 6.-9. September 2010, Berlin (angemeldet).
- Koch: Anfälligkeit verschiedener Rebsorten gegenüber der Schwarzfäule (*Guignardia bidwellii*) in Abhängigkeit vom Infektionsdruck
57. Deutsche Pflanzenschutztagung, 6.-9. September 2010, Berlin (angemeldet).
- Koch: Evaluation of non-chemical agents for control of black rot on grape vine (*Guignardia bidwellii*) in organic farming.
XVI International Plant Protection Congress. Glasgow, 15. – 18. Oktober 2007.
- Koch: Histologische Untersuchungen zur Infektion und Ausbreitung des Schwarzfäule-Erregers (*Guignardia bidwellii*) bei Reben.
56. Deutsche Pflanzenschutztagung, Kiel, 22.-25. September 2008.

- Koch: Infektionsvorgang und Ausbreitung des Schwarzfäule-Erregers (*Guignardia bidwellii*) in Rebblättern. 49. Arbeitstagung des FDW, Geisenheim, 21-22. April 2009.
- Loskill, B.: Strategien zur Regulation der Schwarzfäule im ökologischen Weinbau - Ergebnisse aus zwei Versuchsjahren.
56. Deutsche Pflanzenschutztagung, Kiel, 22.-25. September 2008.
- Loskill: : BÖL-Schwarzfäule-Projekt: Untersuchungen zur Biologie Fruchtkörperentwicklung
FDW-Tagung, Oppenheim, 2007.
- Loskill: Bekämpfung der Schwarzfäule im ökologischen Weinbau
19. Fachreferentenbesprechung "Rebschutz", Neustadt, 31. August 2006.
- Loskill: Ergebnisse zur Bekämpfung der Schwarzfäule im ökologischen Weinbau in der Saison 2007. 20. Fachreferentenbesprechung "Rebschutz", Geisenheim, 29. August 2007.
- Loskill: Regulation der Schwarzfäule im ökologischen Weinbau.
Fachgespräch: "Bedeutung von Kupfer für den Pflanzenschutz, insbesondere für den Ökologischen Landbau - Reduktions- und Ersatzstrategien", Berlin-Dahlem, 29.01.2008.
- Loskill: Schwarzfäule (*Guignardia bidwellii*) der Rebe – Befallsprävention und Möglichkeiten der Regulation im ökologischen Weinbau
57. Deutsche Pflanzenschutztagung, 6.-9. September 2010, Berlin (angemeldet).
- Loskill: Strategien zur Regulation der Schwarzfäule im ökologischen Weinbau - Vorstellung des Verbundprojektes.
ECOVIN-Regionalgruppe Mosel, Februar 2006
- Loskill: Wirkung von Kupfer und Schwefel gegen die Schwarzfäule.
Unterarbeitskreis ‚Lückenindikation Weinbau‘, Geisenheim, 29. August 2007.
- Loskill: Schwarzfäule, die verkannte Gefahr – Infektionsverlauf, Schädigungspotential, Strategien im ökologischen Weinbau. Bioland Weinbautagung, 27. Januar 2009.
- Loskill: Schwarzfäule: Bedrohung für den nachhaltigen Weinbau - Hintergrundinformationen.
52. Veitshöchheimer Weinbautage, 10. Februar 2010.
- Loskill: Schwarzfäule (*Guignardia bidwellii*) der Rebe – Untersuchungen zur saison- und witterungsabhängigen Entwicklung und Dispersion des Inokulum sowie zum Infektionsprozess
57. Deutsche Pflanzenschutztagung, 6.-9. September 2010, Berlin (angemeldet).
- Maixner: Strategien zur Regulation der Schwarzfäule (*Guignardia bidwellii*) im ökologischen Weinbau.
57. Deutsche Pflanzenschutztagung, 6.-9. September 2010, Berlin (angemeldet).
- Molitor: BÖL-Schwarzfäule-Projekt: Erste Ergebnisse der Labor- und Gewächshausversuche.
FDW-Tagung, Oppenheim, 2007.
- Molitor: Einfluss der Temperatur auf die Länge der Inkubationszeit bei *Guignardia bidwellii*.
56. Deutsche Pflanzenschutztagung, Kiel, 22.-25. September 2008.
- Molitor: Einfluss von Temperatur und Länge der Infektionsnässephase auf die Befallsstärke bei *Guignardia bidwellii*.
48. Arbeitstagung des FDW, Bad Kreuznach, 10.04.2008.
- Molitor: Ist eine kurative Schwarzfäule-Bekämpfung möglich? – Erste Ergebnisse aus Topf- reben- und Traubenversuchen.
20. Fachreferentenbesprechung "Rebschutz", Geisenheim, 29. August 2007.
- Molitor: Projektvorstellung: Strategien zur Regulation der Schwarzfäule (*Guignardia bidwellii*) im ökologischen Weinbau,
Mitgliederversammlung EcoVin, Oppenheim, 03.04.2008.
- Molitor: Wirkungspotential von Schwarzfäule-Fungiziden an Trauben.
Fachreferentenbesprechung Rebschutz, Oppenheim, 30.08.2008.

Molitor:: Improving black rot (*Guignardia bidwellii*) in organic and integrated viticulture
IOBC/WPRS Working Group "Integrated Protection in Viticulture", Marsala, Italien,
27.10.2007.

Freilandbegehungen und Versuchspräsentation

Besichtigung der Freilandversuche

ECOVIN-Winzer, 16. August 2006, Versuchsanlage Wolf.

Vorstellung der Applikationsversuche in Wolf und der Rebsorten-Versuchsanlage in Kues.

BÖL-Feldtage "Kupferminimierung im ökologischen Weinbau":, 20. September 2006

Besichtigung der Freilandversuche

Projekttreffen, 03. Juli 2007, Bernkastel-Kues und Versuchsanlage in Wolf

Besichtigung der Freilandversuche

ECOVIN-Winzer, 16. August 2007, Versuchsanlage Wolf.

Besichtigung der Freilandversuche

Projekttreffen, 8. August 2008, Bernkastel-Kues und Versuchsanlage in Wolf

8. Anhang

Abbildungen und Tabellen

Tab A - 1: Behandlungsdaten der Freilandversuche in der Versuchsfläche Wolf im Jahr 2006.	1
Tab A - 2: Behandlungsdaten der Freilandversuche in der Versuchsfläche Wolf im Jahr 2007.	2
Tabelle A - 3: Behandlungsdaten der Freilandversuche in der Versuchsfläche Wolf im Jahr 2008.	3
Tabelle A - 4: Behandlungsdaten der Freilandversuche in der Versuchsfläche Wolf im Jahr 2009.	4

Tab A - 1: Behandlungsdaten der Freilandversuche in der Versuchsfläche Wolf im Jahr 2006.

Behandlungsdaten 2006					Applikation												
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Applikationstermin					24. Mai.	31. Mai.	7. Jun.	14. Jun.	21. Jun.	28. Jun.	6. Jul.	12. Jul.	19. Jul.	26. Jul.	2. Aug.	9. Aug.	
Entwicklungsstadium BBCH					17	17-18	18-19	55-57	69	71-73	73	75	79	79	79	79	
Basiswasseraufwand					400	400	400	600	1000	1000	1200	1400	1600	1600	1600	1600	
Variante		Wirkstoff	Wirkstoff- gehalt		Aufwandmenge												
					Einh.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Kontrolle					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Schwefelkalk	Calciumpolysulfit			l/ha	3,2	3,2	3,2	4,8	8,0	8,0	9,6	11,2	12,8	12,8	12,8	12,8
3	Thiovit Jet	Netzschwefel	800	g/kg	kg/ha	3,6	3,6	3,6	5,4	2,0	2,0	2,4	2,8	3,2	3,2	3,2	3,2
4	Cuprozin fl. Spritz- folge 1 + Thiovit Jet	Kupferhydroxid	460	ml/l	l/ha	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0
		Netzschwefel	800	g/kg	kg/ha	3,6	3,6	3,6	5,4	2,0	2,0	2,4	2,8	3,2	3,2	3,2	3,2
5	Cuprozin fl. Spritz- folge 2 + Thiovit Jet	Kupferhydroxid	460	ml/l	l/ha	0,3	0,3	0,3	0,3	1,2	1,2	1,2	1,2	0,8	0,8	0,8	0,8
		Netzschwefel	800	g/kg	kg/ha	3,6	3,6	3,6	5,4	2,0	2,0	2,4	2,8	3,2	3,2	3,2	3,2
6	Cuprozin fl. Spritzfolge 1	Kupferhydroxid	460	ml/l	l/ha	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0
7	Myco-Sin VIN	Aluminiumsilikat etc.			kg/ha	4,0	4,0	4,0	6,0	10,0	10,0	12,0	14,0	16,0	16,0	16,0	16,0
8	Integr. Standard	Folpet	800	g/kg	kg/ha	0,4	0,4	0,4	0,6	1,0	1,0	1,2	1,4	1,6	1,6	1,6	1,6

Tab A - 2: Behandlungsdaten der Freilandversuche in der Versuchsfläche Wolf im Jahr 2007.

Behandlungsdaten 2007				Applikation												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Applikationstermin				16. Mai.	23. Mai.	30. Mai.	5. Jun.	13. Jun.	20. Jun.	27. Jun.	4. Jul.	11. Jul.	18. Jul.	25. Jul.		
Entwicklungsstadium BBCH				17	17-19	55-57;61	61-68	71-73	73	73-75	75-79	79	79	79		
Basiswasseraufwand				400	400	600	1000	1000	1200	1400	1600	1600	1600	1600		
Variante	Wirkstoff	Wirkstoff- gehalt		Aufwandmenge												
				Einh.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Kontrolle				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Versuchsmittel JKI-BI Norponin BS Liquid	Yucca-Extrakt			l/ha	2,0	2,0	3,0	5,0	5,0	6,0	7,0	8,0	8,0	8,0	8,0
3	Versuchsmittel JKI-BI Nor-Spice Te Liquid	Teebaumöl-Extrakt			l/ha	4,0	4,0	6,0	10,0	10,0	12,0	14,0	16,0	16,0	16,0	8,0
4	Versuchsmittel FAG BioBlatt Mehltaumittel	Soja-Lecithin			l/ha	0,6	0,6	0,9	1,5	1,5	1,8	2,1	2,4	2,4	2,4	2,4
5	Thiovit Jet + Frutogard	Netzschwefel	800	g/kg	kg/ha	3,6	3,6	4,8	4,8	2,4	2,4	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
		Kalium-Phosphonat etc.			l/ha	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	-	-	-	-	-
6	Thiovit Jet durchgehend 3,2 kg	Netzschwefel	800	g/kg	kg/ha	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
7	Thiovit Jet durchgehend nach Zulass.	Netzschwefel	800	g/kg	kg/ha	3,6	3,6	4,8	4,8	2,4	2,4	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
8	Thiovit Jet + Myco-Sin Vin	Netzschwefel	800	g/kg	kg/ha	3,6	3,6	4,8	4,8	2,4	2,4	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
		Aluminiumsilikat etc.			kg/ha	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
9	Thiovit Jet + Cuprozin fl.	Netzschwefel	800	g/kg	kg/ha	3,6	3,6	4,8	4,8	2,4	2,4	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
		Kupferhydroxid	460	ml/l	l/ha	0,33	0,33	0,33	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,33	0,33	0,33
10	Integr. Standard Polyram	Metiram	700	g/kg	kg/ha	0,8	0,8	1,2	1,0	1,0	1,2	1,4	1,6	1,6	1,6	1,6

Tabelle A - 3: Behandlungsdaten der Freilandversuche in der Versuchsfläche Wolf im Jahr 2008.

Behandlungsdaten 2008					Applikation												
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Applikationstermin					15. Mai.	21. Mai.	28. Mai.	4. Jun.	11. Jun.	18. Jun.	25. Jun.	2. Jul.	9. Jul.	16. Jul.	23. Jul.	5. Aug.	
Entwicklungsstadium BBCH					13-15	15-17	19-55	55-57	55-63	63	63-71	73-75	75	75-79	79	79	
Basiswasseraufwand					400	400	600	800	1000	1000	1000	1200	1400	1600	1600	1600	
Variante	Wirkstoff	Wirkstoff-gehalt		Aufwandmenge													
				Einh.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Kontrolle				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2	TRF 110	Rhabarberextrakt			l/ha	2,0	2,0	3,0	4,0	5,0	5,0	5,0	6,0	7,0	8,0	8,0	8,0
3	Waschnuss Pulver	Saponine			kg/ha	2,0	2,0	3,0	4,0	5,0	5,0	5,0	6,0	7,0	8,0	8,0	8,0
	NU-FILM P	Haftmittel			l/ha	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
4	Serenade max	Bacillus subtilis			kg/ha	2,0	2,0	3,0	4,0	5,0	5,0	5,0	6,0	7,0	8,0	8,0	8,0
5	Thiovit Jet	Netzschwefel	800	g/kg	kg/ha	3,6	3,6	3,6	3,6	4,8	4,8	4,8	2,4	3,2	3,2	3,2	3,2
	Waschnuss Pulver	Saponine			kg/ha	2,0	2,0	3,0	4,0	5,0	5,0	5,0	6,0	7,0	8,0	8,0	8,0
6	Thiovit Jet	Netzschwefel	800	g/kg	kg/ha	3,6	3,6	3,6	3,6	4,8	4,8	4,8	2,4	3,2	3,2	3,2	3,2
7	Thiovit Jet	Netzschwefel	800	g/kg	kg/ha	3,6	3,6	3,6	3,6	4,8	4,8	4,8	2,4	3,2	3,2	3,2	3,2
	Cuprozin fl.	Kupferhydroxid	460	ml/l	l/ha	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
8	Thiovit Jet	Netzschwefel	800	g/kg	kg/ha	3,6	3,6	3,6	3,6	4,8	4,8	4,8	2,4	3,2	3,2	3,2	3,2
	Myco-Sin Vin	Aluminiumsilikat etc.			kg/ha	4,0	4,0	-	-	-	-	4,0	-	-	4,0	4,0	4,0
	Frutogard	Kalium-Phosphonat etc.			l/ha	-	-	3,0	3,0	3,0	3,0	-	3,0	-	-	-	-
	Cuprozin fl.	Kupferhydroxid	460	ml/l	l/ha	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	-	-	-
9	Thiovit Jet	Netzschwefel	800	g/kg	kg/ha	3,6	3,6	3,6	3,6	4,8	4,8	4,8	2,4	3,2	3,2	3,2	3,2
	Myco-Sin Vin	Aluminiumsilikat etc.			kg/ha	4,0	4,0	-	-	-	-	4,0	-	-	-	4,0	-
	Cuprozin fl.	Kupferhydroxid	460	ml/l	l/ha	-	-	0,33	0,33	0,33	0,33	-	0,33	0,33	0,33	-	0,33
10	Integr. Standard (Polyram WG)	Metiram	700	g/kg	kg/ha	0,8	0,8	1,2	1,6	2,0	2,0	2,0	2,4	2,8	3,2	3,2	3,2

Tabelle A - 4: Behandlungsdaten der Freilandversuche in der Versuchsfläche Wolf im Jahr 2009.

Behandlungsdaten 2009					Applikation											
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Applikationstermin					13. Mai.	20. Mai.	27. Mai.	3. Jun.	10. Jun.	17. Jun.	24. Jun.	1. Jul.	9. Jul.	15. Jul.	22. Jul.	29. Jul.
Entwicklungsstadium BBCH					13-15	15-17	55-57	55-57	55-57	55-57	68-71	71-73	73-75	75	75-79	79
Basiswasseraufwand					400	400	600	1000	1000	1000	1200	1400	1600	1600	1600	1600
Variante	Wirkstoff	Wirkstoff- gehalt		Aufwandmenge												
				Einh.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Kontrolle				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Heliosoufre S	Schwefel + Fichtenöl	700 g/l	l/ha	1,6	1,6	2,4	4,0	4,0	4,0	4,8	5,6	6,4	6,4	6,4	6,4
3	Thiovit Jet	Netzschwefel	800 g/kg	kg/ha	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
	Waschnuss-Pulver	Saponine		kg/ha	2,0	2,0	3,0	5,0	5,0	5,0	6,0	7,0	8,0	8,0	8,0	8,0
	Gummi arabicum	Haftmittel		kg/ha	0,4	0,8	1,2	2,0	2,0	2,0	2,4	2,8	3,2	3,2	3,2	3,2
4	Thiovit Jet	Netzschwefel	800 g/kg	kg/ha	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
	Primelwurzel-Extrakt	Saponine		kg/ha	2,0	2,0	3,0	5,0	5,0	5,0	6,0	7,0	8,0	8,0	8,0	8,0
	Gummi arabicum	Haftmittel		kg/ha	0,4	0,8	1,2	2,0	2,0	2,0	2,4	2,8	3,2	3,2	3,2	3,2
5	Thiovit Jet	Netzschwefel	800 g/kg	kg/ha	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
	NanoKupfer	Kupferoxychlorid Vers.		l/ha	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
6	Thiovit Jet	Netzschwefel	800 g/kg	kg/ha	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
7	Thiovit Jet	Netzschwefel	800 g/kg	kg/ha	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
	Cuprozin fl. 100g/Appl	Kupferhydroxid	460 ml/l	l/ha	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
8	Thiovit Jet	Netzschwefel	800 g/kg	kg/ha	3,6	3,6	-	3,6	-	3,6	-	3,6	-	3,6	-	3,6
	Cuprozin fl.	Kupferhydroxid	460 ml/l	l/ha	0,33	0,33	-	0,33	-	0,33	-	0,33	-	0,33	-	0,33
9	Thiovit Jet	Netzschwefel	800 g/kg	kg/ha	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
	Frutogard	Kalium-Phosphonat etc.		l/ha	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	-	-	-	-
	Myco-Sin Vin	Aluminiumsilikat etc.		kg/ha	-	-	-	-	-	-	-	-	4,0	4,0	4,0	4,0
	Cuprozin fl	Kupferhydroxid	460 ml/l	l/ha	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	0,33	0,33	0,33
10	Integr. Standard (Polyram WG)	Metiram	700 g/kg	kg/ha	0,8	0,8	1,2	2,0	2,0	2,0	2,4	2,8	3,2	3,2	3,2	3,2