LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

Freistaat
SACHSEN

Bekämpfung des Apfelmehltaus

Schriftenreihe, Heft 6/2014



Charakterisierung des Erregers des Echten Mehltaus am Apfel in Bezug auf Fungizidresistenz und Virulenzverhalten

Christian Kröling

Der Abschlussbericht basiert auf zum Teil gleichlautenden Textpassagen und Grafiken der Dissertationsschrift des Autors. Er erscheint im Vorgriff auf deren abschließende Veröffentlichung und wird deshalb in der Dissertationsschrift nicht gesondert zitiert.

Inhalt

1 Einleitung ... 7
2 Material und Methoden ... 8
2.1 Bonitur und Anlage der Feldversuche ... 8
2.1.1 Ermittlung des Primärbefalls durch Auszählung der Triebspitzen ... 8
2.1.2 Allgemeine Feldversuchsdurchführung ... 9
2.1.2.1 Voraussetzungen ... 9
2.1.2.2 Anlage der Feldversuche ... 9
2.1.2.3 Erfassung des sekundären Blattbefalls ... 9
2.1.2.4 Einstufung des sekundären Blattbefalls ... 10
2.1.2.5 Mittelwertberechnung der Versuchsvarianten des sekundären Befalls ... 11
2.1.3 Analyse möglicher Einflussfaktoren des *P. leucotricha*-Befalls im Feldversuch ... 11
2.1.3.1 Einfluss der Spritzfolge ... 11
2.1.3.2 Einfluss des Mehltauschnitts ... 14
2.1.3.3 Einfluss der Wasseraufwandmengen ... 14
2.1.3.4 Einfluss von Kronenformen und Applikationstechnik ... 14
2.1.3.5 Einfluss der Kronenform auf die Fungizidanlagerung und Mehltaubekämpfung ... 14
2.2 Untersuchungen zur Fungizidsensitivität ... 15
2.2.1 Untersuchung einzelner Mehltauisolate durch die EpiLogic GmbH ... 15
3 Ergebnisse ... 15
3.1 Feldversuche ... 15
3.1.1 Primärer *P. leucotricha*-Befall ausgewählter Apfelanlagen im Winter 2010 ... 15
3.1.2 Vergleich verschiedener Spritzfolgen im Feldversuch ... 17
3.1.3 Vergleich von Parzellen mit und ohne Mehltauschnitt ... 19
3.1.4 Vergleich unterschiedlicher Wasseraufwandmengen ... 19
3.1.5 Vergleich von zwei Kronenformen und zwei Applikationstechniken ... 20
3.1.6 Vergleich von drei Kronentypen bezüglich Mehltaubekämpfung und Mittelanlagerung ... 21
3.2 Auswertung der Fungizidsensitivitätstests ... 22
4 Diskussion ... 24
4.1 Auswirkungen des Primärbefalls auf die Verbreitung und Sekundärinfektion des Apfelmehltaus ... 24
4.2 Wirkung verschiedener Fungizidkombinationen im Feldversuch ... 26
4.3 Beeinflussung der Wirkung von Topas® durch die Wasseraufwandmenge in der Spritzbrühe ... 29
4.4 Auswirkung der Spritztechnik und des Kronenvolumens auf den Mehltaubekämpfungserfolg ... 29
4.5 Anpassung verschiedener Mehltauisolate an Topas® im Raum Sachsen und Sachsen-Anhalt ... 31
5 Zusammenfassung ... 32
Literatur ... 34

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Symptomzähler 8
Abbildung 2: Boniturschlüssel zur Erhebung des sekundären Befalls nach GRUNERT (1980) 10
Abbildung 3: Schematische Darstellung des Spritzmittelversuchs im Jahr 2012 in Höhnstedt 11
Abbildung 4: Primärbefall verschiedener Apfelsorten im Winter 2010 an ausgewählten Standorten (in %) 16
Abbildung 5: Versuch zum Vergleich verschiedener Spritzfolgen in den Jahren 2010–2012 18
Abbildung 6: Effekt eines gezielten Mehltauschnitts 19
Abbildung 7: Effekt einer erhöhten Wasseraufwandmenge 20
Abbildung 8: Effekt von Spritztechnik und Kronenstruktur auf den Mehltaubesatz 21
Abbildung 9: Effekt verschiedener Kronendurchmesser auf die Mehltaubekämpfung 21
Abbildung 10: Mehltauverteilung in drei Baumschnittvarianten im Juni 2012 22

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Lage, Sorte und Pflanzjahr der Versuchsstandorte....9
Tabelle 2: Wichtigste klimatische Standortfaktoren in Höhnstedt (Sachsen-Anhalt)....11
Tabelle 3: Spritzplan der Einzelvarianten des Spritzmittelversuchs....12
Tabelle 4: Applikationstermine des Spritzmittelversuchs der 3 Versuchsjahre....13
Tabelle 5: Aufwandmengen der Spritzmittel....14
Tabelle 6: Kronenabmessungen....15
Tabelle 7: Klassifizierung der Mehltauisolate geordnet nach MIC (Minimale Hemmkonzentration)....23

Abkürzungsverzeichnis

EC	*effective concentration*
e. G.	eingetragene Genossenschaft
EPPO	*European and Mediterranean Plant Protection Organization*
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
MIC	*minimum inhibitory concentration*
m KH	Meter Kronenhöhe
S	Schwefel
µg	Mikrogramm (10^{-6} g)

1 Einleitung

Mehltau an Äpfeln, Birnen und Quitten wird verursacht durch *Podosphaera leucotricha* (Ell. & Ev.) Salm. An Apfelbäumen befällt der Erreger junge Triebe, Blätter, Blüten und Früchte. Im Frühjahr wird der in den Knospen der Triebe überwinternde Pilz in Form der Primärinfektion an den neu gebildeten Pflanzenteilen sichtbar und bedeckt diese mit einem weißen Hyphengeflecht. Ausgehend von diesen primären Kolonien initialisieren die auf dem Myzel an Konidiophoren asexuell gebildeten Sporen die sekundäre Infektion an heranwachsenden jungen Trieben (BURCHILL 1960). Die epidemiologische Ausbreitung durch den Wind kann nun sehr effektiv von einem Tag auf den anderen erfolgen, weil die Sporen im Gegensatz zu anderen Pilzparasiten kein flüssiges Wasser für ihre Keimung benötigen (BUTT 1978; XU 1999).

Kommt es zu einer starken Infektion der Triebe, verkümmern diese meist und sterben im Laufe der Vegetationsperiode ab. Junge infizierte Blätter bleiben für gewöhnlich sehr schmal und klein. Weiterhin sind die Blattränder der Länge nach eingerollt, weisen aber ein verhältnismäßig stark ausgeprägtes Längenwachstum auf (ANDERSON 1956; ELLIS et al. 1981). Während der Infektion kommt es zur Reduktion der Photosynthese- und Transpirationsrate, wobei das Alter der infizierten Blätter eine entscheidende Rolle für den Grad der Symptomausprägung spielt. Ältere Blätter sind zum Beispiel nach 9 Tagen zu rund 20 % mit Myzel überwachsen und zeigen keine Veränderung in der Photosynthese- und Transpirationsleistung. Junge Blätter sind hingegen bereits nach 11 Tagen zu 90 % mit einem Pilzgeflecht überzogen und weisen eine 85 % geringere Photosynthese- und eine um 55 % reduzierte Transpirationsrate auf (ELLIS et al. 1981).

Der Etablierung der sekundären Schadsymptome geht die Sporenkeimung auf dem Wirtsgewebe voraus. Die optimalen Keimbedingungen der Konidien liegen bei 20 °C bis 24 °C und 98 % relativer Luftfeuchte. Nach der Bildung des Keimschlauches ist die Etablierung des Pilzes relativ unabhängig von der Luftfeuchte und hat ein Temperaturoptimum von 22 °C (XU & BUTT 1998). Die ektophytischen Kolonien werden mittels Haustorien in den Epidermiszellen des Wirtes verankert. An Konidiophoren auf dem Myzel bilden sich neue Konidien, die anschließend wieder durch den Wind verbreitet neue Blätter besiedeln können.

Für eine effektive Befallsvorhersage existieren verschiedene Modelle, welche eine Vielzahl von Faktoren einbeziehen. Hierbei spielen der prozentuale sekundäre Blattbefall, die Menge an gesundem, jungem Gewebe, welches schnell besiedelt werden kann, die Anzahl primär befallener Triebe und die Wetterbedingungen eine entscheidende Rolle für eine zuverlässige Prognose (XU 1999). Bezugnehmend auf diese Modelle können folgende Leitlinien für eine wirkungsvolle Bekämpfung des Erregers abgeleitet werden:

- Mechanische Maßnahmen zur Reduktion des überwinternden Pilzes und der primären Befallssymptome
- Vorbeugende chemische Maßnahmen an Tagen mit günstigen Bedingungen für die Sporenkeimung und Infektion, zum Schutz des jungen Pflanzengewebes unter Berücksichtigung der Blattentwicklung und des Neuzuwachses
- Eradikative und kurative Mittel zur Abtötung und Beseitigung des bestehenden sekundären Befalls, als Quelle neuen Inokulums

Des Weiteren gilt, dass die getroffene Maßnahme ihren Wirkungsort zuverlässig und in ausreichendem Maß erreichen muss, weshalb zusätzlich besonders Wert zu legen ist auf

- Kontrolle der Spritzeneinstellungen, des Spritzbildes und der Wirkstoffverteilung,

- Erhebungen zur Wirkungsprüfung der gewählten Maßnahme,
- Beobachtung der lokalen Erregerpopulation bezüglich der Resistenzbildung oder einer Wirkungsverschiebung (*shifting*) der Sensitivität gegenüber einem Wirkstoff bzw. einer Wirkstoffklasse.

Im Zeitraum von 2005 bis 2010 trat in Sachsen und Sachsen-Anhalt trotz starkem Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel ein vermehrter Befall von Apfelbäumen durch *Podosphaera leucotricha*, dem Erreger des Echten Mehltaus, auf. Auf Initiative der Erzeugerorganisation Dresdener Obst e. G. und des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft galt es, in einem dreijährigen Projekt in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe Phytopathologie und Pflanzenschutz der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg unter Leitung von Prof. Dr. Holger B. Deising den Erreger des Echten Mehltaus am Apfel umfassend in Bezug auf Fungizidresistenz und Virulenz in ca. 20 ausgewählten Obstanlagen zu untersuchen.

Im vorliegenden Abschlussbericht des Projektes werden gewonnene Erkenntnisse aus den Ergebnissen von der Mittel- und Verfahrensprüfung im Feldversuch über die Erfassung der effektiven Dosen verschiedener Fungizide bis zur Quantifizierung der Mittelaufwandmengen zusammenfassend dargestellt.

2 Material und Methoden

2.1 Bonitur und Anlage der Feldversuche

2.1.1 Ermittlung des Primärbefalls durch Auszählung der Triebspitzen

Die Erfassung des primären Befalls, hervorgerufen durch *P. leucotricha,* in ausgewählten Apfelanlagen liefert zum einen Informationen über den Infektionsgrad der Vorsaison, zum anderen ermöglicht es die Ableitung einer Tendenz der Situation für die nachfolgende Vegetationsperiode.

In den zu untersuchenden Anlagen wurden jeweils 20 Bäume, verteilt über eine Fläche von einem Hektar, markiert. Zur Ermittlung des prozentualen Anteils befallener Knospen gegenüber der Gesamtknospenanzahl erfolgte eine Auszählung aller Knospen jedes Baumes, wobei infizierte Knospen parallel mit Hilfe eines Symptomzählers erfasst wurden (Abbildung 1). Für die statistische Auswertung der Ergebnisse sind das arithmetische Mittel aller Bäume sowie die Varianz und Standardabweichungen berücksichtigt worden. Im Fall von vergleichenden Studien war zusätzlich eine Varianzanalyse nach DUNCAN (1955) zur Überprüfung der Signifikanz der angenommenen Hypothese notwendig.



Abbildung 1: Symptomzähler

Quelle: http://www.dr-mueck.de/HM_Images/Symptom-Zaehler.JPG

2.1.2 Allgemeine Feldversuchsdurchführung

Die Voraussetzung, Versuchsanlage, Ermittlung der Prüfmerkmale und die Einteilung der Befallsklassen richtete sich nach der methodischen Anleitung zur Durchführung von Versuchen mit Pflanzenschutzmitteln und Mitteln zur Steuerung biologischer Prozesse unter Freiland- und Gewächshausbedingungen (GRUNERT 1980) und des EPPO-Standards PP 1/69 (3). Die statistische Auswertung und das Testen der Hypothesen auf Signifikanz erfolgte, angepasst an Anzahl der Varianten und benötigter Schärfe und Güte, mittels des Tukey-Tests oder des multiplen T-Tests (MUNZERT 1992).

2.1.2.1 Voraussetzungen

Zum Erhalt aussagekräftiger Feldversuchsergebnisse sind diese generell mindestens über einen Zeitraum von zwei Jahren zu planen. Des Weiteren sollte in den ausgewählten Anlagen entweder keine oder mindestens eine einheitliche Mehltaubehandlung vorgenommen worden sein. Basierend darauf wurden die in Tabelle 1 aufgeführten Apfelplantagen in Sachsen und Sachsen-Anhalt im Versuchszeitraum von 2010 bis 2012 für die Analyse ausgewählt.

Tabelle 1: Lage, Sorte und Pflanzjahr der Versuchsstandorte

Anlage/Betrieb	Standort	Sorte	Pflanzjahr
Gänseberg/Obstproduktion Höhnstedt	Höhnstedt	Idared	1981
Saida/Obsthof Röhrsdorf	Kreischa	Idared	1989
Saida/Obstfarm Pietzsch & Winkler	Kreischa	Idared	1989
Pi III/Obstbau Ebenheit	Struppen	Pinova	2003
Kießling/Obsthof Borthen/Gorknitz	Gorknitz	Idared	1979

2.1.2.2 Anlage der Feldversuche

Getestet wurde in einer vollständig randomisierten Blockanlage mit vierfacher Wiederholung. Umweltgradienten, wie beispielhaft die Hauptwindrichtungen, fanden entweder durch Anordnung der Blöcke dem Gradienten folgend Berücksichtigung oder die Blöcke wurden, gemäß einer vorher festgestellten komplexen Heterogenität, über die Versuchsfläche verteilt (EPPO-Richtlinie PP 1/152 [2]). Düngung, Pflege und weitere Pflanzenschutzmaßnahmen erfolgten praxisüblich und waren hinsichtlich der Mehltauverträglichkeit abgestimmt.

Die zu untersuchenden Pflanzenschutzmittel und Mittelvarianten wurden i. d. R. in einem Abstand von 10 Tagen vom Aufbrechen der Knospen bis Ende Juli mittels einer SOLO-Rückenspritze appliziert. Bei ungünstigen Wetterverhältnissen wie starkem Wind, ungeeigneten Temperaturen oder anhaltenden Regenfällen wurde der Spritzabstand auf maximal 14 Tage ausgeweitet.

2.1.2.3 Erfassung des sekundären Blattbefalls

Für die Ermittlung des sekundären Befalls sind bereits Ende April und Anfang Mai, je Variante und Wiederholung, 25 Triebe mit einem Schild und einer kodierten Beschriftung markiert worden. Zu diesem Zeitpunkt lässt sich verhindern, dass primär befallene Triebe in die Bewertung einfließen. Weiterhin kann eine mögliche subjektive Vorselektion ebenfalls ausgeschlossen werden, weil ein sekundärer Befall in diesem Stadium noch nicht stark ausgeprägt ist und somit nur schwer zu erkennen wäre.

Zur Beurteilung der gesamten Spritzfolge wurde, jeweils von der Triebspitze an zählend, am dritten, fünften, siebten und neunten entfalteten Blatt bonitiert. Der Vorgang wurde zweimal, Mitte bis Ende Juni und Mitte Juli

bis Mitte August, wiederholt, ohne dabei die Blätter zu verletzen oder zu entnehmen. Ein Block sollte hierbei zusätzlich möglichst unter den gleichen Bedingungen an einem Tag bewertet werden (GRUNERT 1980).

2.1.2.4 Einstufung des sekundären Blattbefalls

Die Einstufung des sekundären Befalls erfolgt in fünf Klassen, von neun bis eins. Befallsstufe neun weist hierbei keine Symptome auf. Klasse sieben umfasst bis zu 10 % Pilzbewuchs auf der Blattunterseite, wobei dies als leichter Befall zu werten ist. In Klasse fünf sind Blätter mit Myzel und Sporenpolstern mittelstark bedeckt, dies entspricht 10 bis 25 %. Klasse drei hingegen zeigt eine starke Infektion mit 25 bis 50 % Pilzbelag auf der unteren Seite des Blattes. Einen sehr starken bis totalen Befall des Blattes mit über 50 % Pilzgeflecht auf der Blattunterseite wird mit der Befallsstufe eins bewertet (GRUNERT 1980; Abbildung 2).

Diese Art der Klassifizierung des Befalls wird zur Ermittlung des Wirkeffektes eines Fungizides oder einer Fungizidfolge verwendet. Aus diesem Grund kann an Stelle des Begriffs der Befallsklassen auch der Begriff des Bekämpfungsindexes Verwendung finden. Im Falle einer solchen begrifflichen Transformation spiegelt der höchste Wert die beste Bekämpfungsleistung einer Anwendung oder Anwendungsfolge wider. Zudem können durch die Abstufung in Zweierschritten weitere ganzzahlige Zwischenstufen eingearbeitet werden, wie beispielhaft bei BÜTTNER (1994) geschehen.

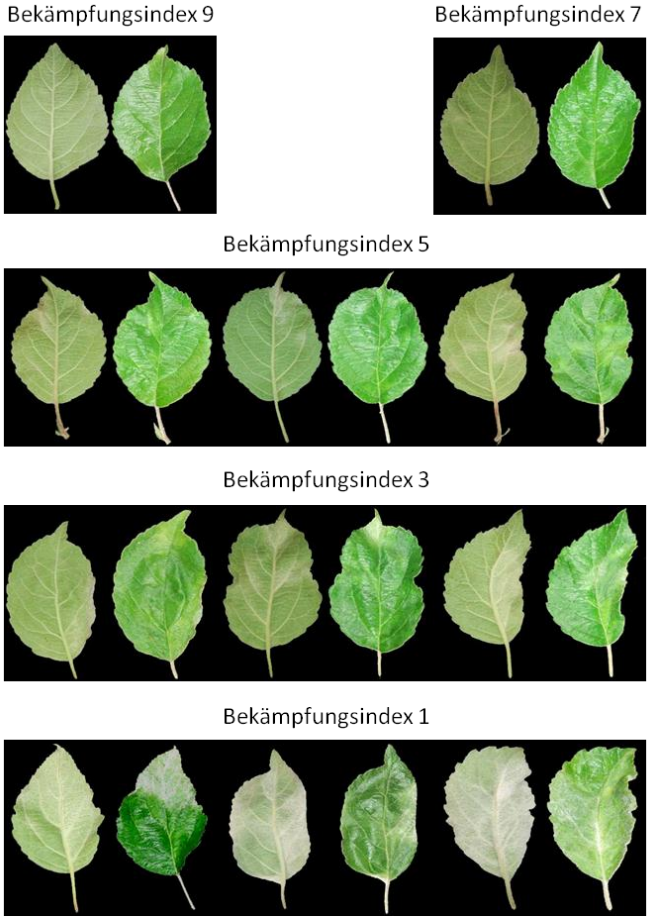


Abbildung 2: Boniturschlüssel zur Erhebung des sekundären Befalls nach GRUNERT (1980)

2.1.2.5 Mittelwertberechnung der Versuchsvarianten des sekundären Befalls

Nach der Bewertung aller 100 Blätter je Variante und Wiederholung, wurden die erhaltenen Noten mit der jeweiligen Anzahl ihres Vorkommens multipliziert, anschließend aufaddiert und abschließend durch die Gesamtzahl der Blätter dieser Variante und Wiederholung dividiert. Dies entspricht der Durchschnittsnote der jeweiligen Variante und Wiederholung. In den Durchschnittswert der gesamten Variante fließen alle vier Wiederholungen zum gleichen Teil ein, sodass sich für die Berechnung der Kenngrößen der Varianzanalyse ein Stichprobenumfang von n = 4 ergibt. Der Stichprobenumfang des gesamten Versuchs setzte sich so aus allen Wiederholungen aller Varianten zusammen.

2.1.3 Analyse möglicher Einflussfaktoren des *P. leucotricha*-Befalls im Feldversuch

2.1.3.1 Einfluss der Spritzfolge

Verglichen wurden sechs bzw. sieben und acht verschiedene Spritzfolgen in den Versuchsjahren 2010, 2011 und 2012 am Standort Höhnstedt (Sachsen-Anhalt). Die wichtigsten klimatischen Kenngrößen der Region sind in Tabelle 2 aufgelistet

Tabelle 2: Wichtigste klimatische Standortfaktoren in Höhnstedt (Sachsen-Anhalt)

	Versuchsjahr 2010	Versuchsjahr 2011	Versuchsjahr 2012
Ø Temperatur [°C]	10,0	10,5	10,0
Ø Niederschlag [mm]	707,0	442,0	464,0
Sonnenstunden [h]	1.463,3	1.901,7	1.650,0

Versuchsaufbau und Versuchsglieder

Das Versuchsdesign entsprach einer vollrandomisierten Blockanlage mit 6 Versuchsgliedern im Jahr 2010, sieben im Jahr 2011 und acht im Jahr 2012. Abbildung 3 stellt am Beispiel des Versuchsjahres 2012 den allgemeinen Aufbau der Anlage dar.

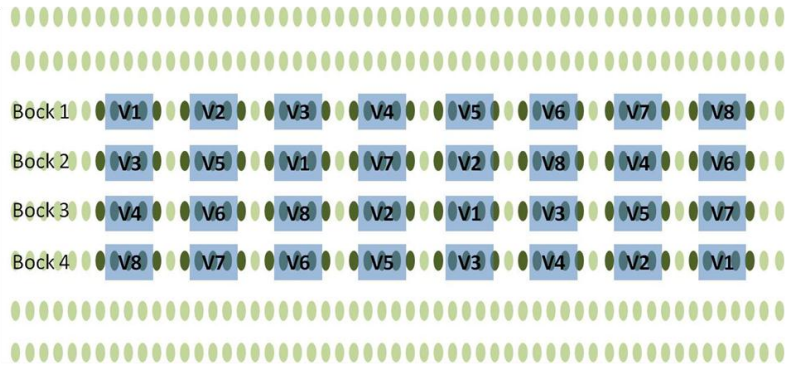


Abbildung 3: Schematische Darstellung des Spritzmittelversuchs im Jahr 2012 in Höhnstedt

hellgrün: unbehandelte Rand- und Begrenzungsbäume; dunkelgrün: je 5 Bäume der einzelnen Versuchsglieder; Block: ein Block umfasst alle Varianten und stellt eine Wiederholung dar. blauer Kasten V Zahl: Variante

Die Abfolge der Spritzmittelrotationen der jeweiligen Variante ist in Tabelle 3 dargestellt. Die Tabelle 4 zeigt die Applikationstermine der Versuchsjahre.

Tabelle 3: Spritzplan der Einzelvarianten des Spritzmittelversuchs

2010: Variante 1 bis 6; 2011: Variante 1 bis 7; 2012: Variante 1 bis 8

Termin	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6	Variante 7	Variante 8
1	Schwefel	Schwefel	Schwefel	Schwefel	Schwefel	Schwefel	Schwefel	Schwefel
2	Schwefel	Schwefel	Schwefel	Schwefel	Schwefel	Schwefel	Schwefel	Schwefel
3	Wasser	Schwefel	Topas	Topas	Topas+S	Topas	Topas 2x	Consist P.
4	Wasser	Schwefel	Topas	Flint	Flint+S	Cidely	Topas 2x	Luna E.
5	Wasser	Schwefel	Topas	Topas	Topas+S	Topas	Topas 2x	Consist P.
6	Wasser	Schwefel	Topas	Flint	Flint+S	Cidely	Topas 2x	Luna E.
7	Wasser	Schwefel	Topas	Topas	Topas+S	Topas	Topas 2x	Topas
8	Wasser	Schwefel	Topas	Flint	Flint+S	Flint	Topas 2x	Topas
9	Wasser	Schwefel	Topas	Topas	Topas+S	Topas	Topas 2x	Topas
10	Wasser	Schwefel	Topas	Flint	Flint+S	Flint	Topas 2x	Topas
11	Wasser	Schwefel	Topas	Topas	Topas+S	Topas	Topas 2x	Topas
12	Wasser	Schwefel	Topas	Topas	Topas+S	Topas	Topas 2x	Topas

Tabelle 4: Applikationstermine des Spritzmittelversuchs der 3 Versuchsjahre

	Versuchsjahr 1	Versuchsjahr 2	Versuchsjahr 3
Termin 1	07.04.2010	24.03.2011	23.03.2012
Termin 2	19.04.2010	05.04.2011	02.04.2012
Termin 3	29.04.2010	16.04.2011	10.04.2012
Termin 4	12.05.2010	27.04.2011	25.-26.04.2012
Termin 5	23.05.2010	09.05.2011	04.05.2012
Termin 6	03.06.2010	21.05.2011	13.-14.05.2012
Termin 7	15.06.2010	02.06.2011	25.05.2012
Termin 8	27.06.2010	15.06.2011	07.06.2012
Termin 9	08.07.2010	28.06.2011	19.06.2012
Termin 10	21.07.2010	11.07.2011	29.06.2012
Termin 11	04.08.2010	26.07.2011	10.07.2012
Termin 12	14.08.2010	08.08.2011	25.07.2012

Wasser- und Mittelaufwandmengen

Um die benötigte Wasseraufwandmenge berechnen zu können, ermittelt man zunächst die Anzahl an Bäumen je Hektar wie folgt:

Bezugsfläche [m²]/(Reihenabstand [m] x Pflanzabstand [m]) = Anzahl Bäume

Anschließend kalkuliert man den prozentualen Anteil eines Baumes an der Gesamtzahl und errechnet den Anteil an der Gesamtwassermenge je ha. Bei einem Reihenabstand von 4,50 m und einem Pflanzabstand von 1,80 m beträgt beispielhaft die Gesamtzahl der Bäume je ha 1.234, was wiederum einem Anteil eines Baumes von 0,081 % entspricht.

Eine in der Praxis übliche und empfohlene Wasseraufwandmenge sind 400 l/ha. Auf einen Baum entfallen also 0,324 l, auf ein Versuchsglied mit 5 Bäumen 1,62 l und auf alle Wiederholungen bezogen 6,48 l. Die verwendete Rückenspritze mit einer Standardhohlkegeldüse hat eine Durchflussrate von 1.052,6 ml/min, woraus sich eine Applikationszeit von 2 x 47 sec pro Versuchsglied ergibt, um 1,62 l auszubringen.

Zur Ermittlung der Fungizidmenge kann in diesem Fall ein Spritzenvolumen von 10 l zugrunde gelegt werden. Aufwandmengen der Spritzmittel sind in Tabelle 5 aufgeführt.

Tabelle 5: Aufwandmengen der Spritzmittel

Mittelbezeichnung	je ha und m KH	je m KH (2 m)	in 10 l
Topas®	125 ml	250 ml	6,25 ml
Flint®	50 g	100 g	2,5 g
Schwefel Stulln®	3,5 kg–1 kg	7 kg–2 kg	175 g–50 g
Cidely®	250 ml	500 ml	12,5 ml
Consist® Plus	625 g	1250 g	31,25 g
Luna® Experience	125 ml	250 ml	6,25 ml

2.1.3.2 Einfluss des Mehltauschnitts

Um den Einfluss eines gezielten Mehltauschnitts auf den sekundären Befall von *P. leucotricha* im Sommer aufzeigen zu können, wurde ein Versuch mit dem Faktor Mehltauschnitt angelegt.

Am Standort Saida (Kreischa), in einer 1989 gepflanzten Idared-Anlage wurden bei 4 x 50 Bäumen im Winter und Frühjahr alle offensichtlich primär befallenen Triebe mechanisch aus dem Bestand entfernt. Der Versuch wurde über 3 Jahre durchgeführt. Durch das gezielte Entfernen dieser Triebe konnte somit eine Variante mit definiertem Ausgangsbefall mit einer Variante ohne erkennbaren Primärbefall miteinander verglichen werden, wobei die Bonitur wie in Kap. 2.1.2.3 beschrieben erfolgte.

2.1.3.3 Einfluss der Wasseraufwandmengen

Am Standort Ebenheit (Pirna), in einer 2003 gepflanzten Pinova-Anlage, welche mit der betriebsüblichen Wasseraufwandmenge von 500 l/ha Wasser gespritzt wurde, gelang es für das Mittel Topas® eine Behandlung von 7 Reihen mit 1.000 l/ha vornehmen zu lassen. Bonitiert wurde wie in Kap. 2.1.2.3 erläutert. Beide Varianten wurden vierfach wiederholt und anschließend miteinander verglichen.

2.1.3.4 Einfluss von Kronenformen und Applikationstechnik

Am Standort Saida (Kreischa), in einer 1989 gepflanzten Idared-Anlage, konnten die Applikationstechniken zweier Betriebe direkt miteinander verglichen werden. Hierbei kam in Betrieb 1 ein Überzeilengerät GT 280 (Ingenieurbüro Lüttich) mit einem Anbau von vier Querstromgebläsen (Weber) und in Betrieb 2 ein Schmalspurtraktor mit angehängter Axialgebläsespritze zum Einsatz. Die Kronen der Bäume des Betriebs 1 wiesen einen Durchmesser von 1,70 m und eine Höhe von 2,10 m auf. Im Betrieb 2 lagen die horizontale Ausdehnung bei 1,20 m und die vertikale bei 2,20 m. Das Versuchsdesign entsprach einer zweifaktoriellen Blockanlage.

2.1.3.5 Einfluss der Kronenform auf die Fungizidanlagerung und Mehltaubekämpfung

In den Jahren 2011 und 2012 wurden am Standort Kießling (Gorknitz) in einer 1974 gepflanzten Idared-Anlage Untersuchungen zur Auswirkung verschiedener Kronenvolumina auf die Bekämpfung des Echten Mehltaus am Apfel durchgeführt. Verglichen wurden eine ungeschnittene, eine betriebsüblich geschnittene und eine nachträglich zur Superspindel erzogene Variante (Tabelle 6). Zudem erfolgten die Messung der Spritzbrüheverteilung in den Varianten mittels eingehangenem wassersensitiven Papiers und die Messung des Penconazolgehaltes in den behandelten Blättern.

Tabelle 6: Kronenabmessungen

Variante	Kronendurchmesser	Kronenhöhe
Ungeschnitten 2011; 2012	2,15 m; 2,59 m	2,80 m; 2,77 m
Betriebsvariante 2011; 2012	1,60 m; 2,14 m	2,32 m; 2,42 m
Superspindel 2011; 2012	1,20 m; 1,45 m	2,28 m; 2,32 m

2.2 Untersuchungen zur Fungizidsensitivität

2.2.1 Untersuchung einzelner Mehltauisolate durch die EpiLogic GmbH

Im Zeitraum von 2009 bis 2012 wurden regelmäßig von verschiedenen Standorten im Raum Sachsen und Sachsen-Anhalt Proben mit Mehltau infizierter Blätter gesammelt, welche durch die EpiLogic GmbH in einem *ex vivo*-Einsporisolattest auf Penconazol- und Trifloxystrobinsensitivität hin untersucht wurden.

3 Ergebnisse

3.1 Feldversuche

3.1.1 Primärer *P. leucotricha*-Befall ausgewählter Apfelanlagen im Winter 2010

Die Erfassung der durch den Erreger des Echten Mehltaus *P. leucotricha* verursachten primären Befallszustände in ausgewählten Idared-, Pinova- und Braeburn-Apfelplantagen in Sachsen und Sachsen-Anhalt ergab ein sehr heterogenes Bild, welches in Abbildung 4 zusammenfassend dargestellt ist.

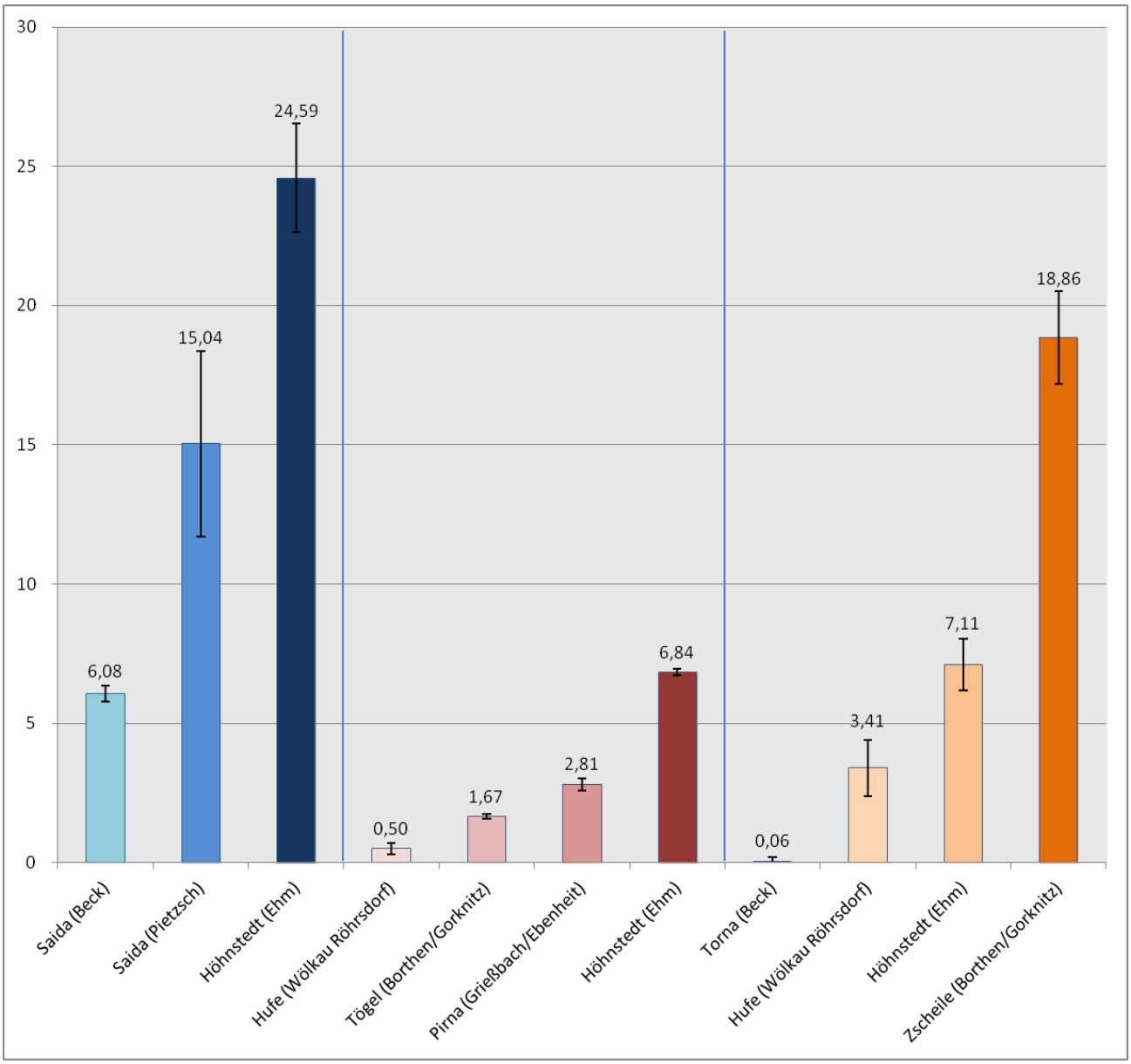


Abbildung 4: Primärbefall verschiedener Apfelsorten im Winter 2010 an ausgewählten Standorten (in %)

Die Abbildung 4 zeigt auf, wie stark die Befallssituation sowohl an einzelnen Standorten als auch bei den verschiedenen Apfelsorten variierte. Sehr deutlich wird dies beispielhaft bei der Betrachtung der Sorten Idared und Braeburn, bei denen Unterschiede von mehr als 10 % in Abhängigkeit vom Standort detektiert werden konnten.

Inwieweit die individuelle Kultivierung der Apfelanlagen einen Einfluss auf den Mehltaubefall hat, ließ sich anhand der aneinandergrenzenden Schläge der Sorte Idared, Saida (Beck) und Saida (Pietzsch) klären. Die Faktoren Boden, Klima, Wetter, Pflanzjahr, Unterlage, Sorte und Kronensystem (Spindelkrone) waren in beiden Fällen als gleich anzusehen, jedoch erfolgte ihre Bewirtschaftung durch zwei unterschiedliche Betriebe. Die deutliche Differenz von ~10 % im Befall durch *P. leucotricha* scheint demnach in der individuellen Pflege durch den jeweiligen Produzenten begründet zu sein. Dies umfasst in diesem Fall im Wesentlichen die Spritzfolge, die Applikationstechnik und den Kronenschnitt.

Die beschriebene Heterogenität der Befallsstärke in den Idared-Anlagen zeigte sich ähnlich auch an den Braeburn-Standorten im Raum Dresden. Die in einem Umkreis von nur ca. 30 km befindlichen, mit 2 bis 6 Jahren relativ jungen Anlagen Torna (Beck), Hufe (Röhrsdorf) und Zscheile (Borthen/Gorknitz) zeigten primäre Mehltausymptome deutlich unter der wirtschaftlichen Schadschwelle in Torna und Hufe bis hin zu über 18 % infizierter Knospen in der Parzelle Zscheile. Weil aufgrund des annähernd gleichen Einzugsgebietes Klima und Standortbeschaffenheit als nicht maßgebend erachtet werden können, ließ sich zu diesem Zeitpunkt das Ergebnis ebenfalls entweder durch innerbetriebliche Maßnahmen oder aber auch durch eine Anpassung des Erregers an die applizierten Wirkstoffe erklären.

Die in Sachsen-Anhalt befindlichen Plantagen in Höhnstedt (Ehm) ermöglichten eine Analyse für alle drei der untersuchten Apfelsorten an einem Standort. Diese Pflanzungen befinden sich im so genannten Mitteldeutschen Trockengebiet. Relativ hohe Jahresdurchschnittstemperaturen und geringe Niederschläge im Vergleich zu den anderen untersuchten Standorten stellen somit vermeintlich entscheidende Einflussgrößen für die Entwicklung des Erregers des Echten Mehltaus am Apfel dar. Dies ist eine mögliche Erklärung dafür, dass die Befallswerte beispielhaft für Idared den Schwellenwert an diesem Ort um das Fünffache überstiegen.

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal der Idared-Anlage in Höhnstedt war die Erziehung der Baumkronen zu einer Hohlkrone gegenüber der in den restlichen Anlagen bevorzugten Spindelkronenform. Weil sich der Durchmesser dieser Kronen im Vergleich zu den kompakteren Spindeln erhöht, ist die Durchdringung mit der Spritzbrühe beeinträchtigt. Dies spiegelte sich anschließend in der Ausprägung der sekundären Befallswerte wider.

Mit rund 7 % Infektion der Knospen lagen die Pinova- und Braeburnvergleichsanlagen in Höhnstedt trotz der ungünstigen klimatischen Voraussetzungen nur knapp über dem Grenzwert von 5 %. Im Gesamtvergleich mit den Sorten Idared und Braeburn wiesen die Pinova-Standorte im Raum Dresden überraschenderweise annähernd keinen Mehltaubefall auf. Ursächlich dafür ist wahrscheinlich der konsequente Rückschnitt der Apfelbäume in den Vorjahren.

Zusammenfassend zeigt die Erhebung des Ist-Zustandes aus dem Jahr 2010 für die untersuchten Sorten Idared, Braeburn und Pinova an den ausgewählten Standorten eine grundsätzliche Anfälligkeit gegenüber dem Erreger des Echten Mehltaus am Apfel *P. leucotricha*. Die vergleichende Analyse, unter Bezugnahme auf Standortbedingungen wie Klima, Alter der Anlagen, Kronenschnitt oder Pflanzart, lieferte hierbei erste Indizien für die Ursachen der zum Teil doch sehr stark variierenden Befallswerte. Zu diesem Zeitpunkt fanden andere wichtige Aspekte, wie u. a. die individuelle Fungizidnutzung durch die Betriebe, noch keine Berücksichtigung, weshalb eventuelle Anpassungserscheinungen des Pathogens basierend darauf noch nicht auszuschließen waren.

3.1.2 Vergleich verschiedener Spritzfolgen im Feldversuch

Für eine vergleichende Analyse der Wirksamkeit verschiedener Fungizidpräparate hinsichtlich ihrer Bekämpfungseffizienz gegenüber *P. leucotricha* wurde ein dreijähriger Feldversuch an einer Idared-Altanlage am Standort Höhnstedt mit einem hohen Primärbefall von ~25 %, wie in Kap. 2.1.3.1 beschrieben, angelegt.

Das Experiment verdeutlichte den Einfluss des vorherrschenden Befallsdrucks auf den Bekämpfungserfolg. Der Abbildung 5 ist zu entnehmen, dass die wirkstofffreie Kontrolle (Versuchsglied 1) mit Werten von 1,4 bis 1,2 einen hohen bis sehr hohen Infektionsgrad aufwies. Dies entspricht laut GRUNERT (1980) einem Befall mit mehr als 50 % Myzelwachstum auf der Blattunterseite.

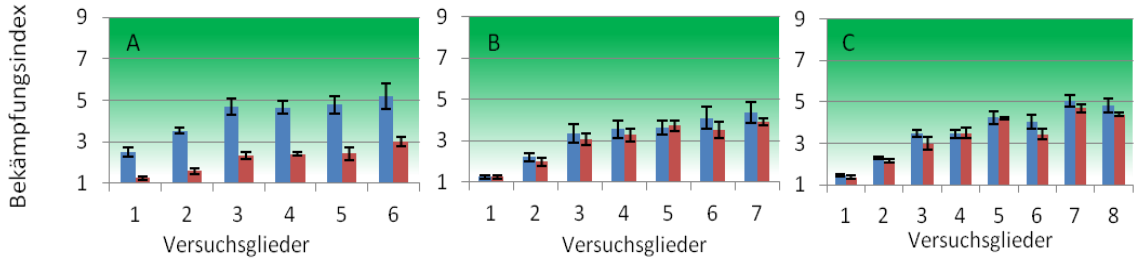


Abbildung 5: Versuch zum Vergleich verschiedener Spritzfolgen in den Jahren 2010–2012

1: Kontrolle; 2: Netzschwefel Stulln®; 3: Topas® (10x); 4: Topas® im Wechsel mit Flint®; 5: Topas® + Netzschwefel Stulln® im Wechsel mit Flint® + Netzschwefel Stulln®; 6: Topas® (6x) im Wechsel mit Cidely® (2x) und Flint® (2x); 7: Topas® in doppelter Aufwandmenge (10x); Consist® Plus im Wechsel mit Luna® Experience und Topas®;
A: Versuchsjahr 2010; B: Versuchsjahr 2011; C: Versuchsjahr 2012; blauer Balken: Bonitur Juni; roter Balken Bonitur Juli; Darstellung der Standardabweichung in den Fehlerbalken

Eine deutliche Verbesserung des Gesundheitszustandes der Bäume stellte sich bereits nach der bloßen Behandlung mit Netzschwefel Stulln® ein, dennoch waren immer noch 50 % der Blattflächen befallen.

Erst der Einsatz der zugelassenen synthetischen Fungizidformulierungen wie Topas® (Penconazol) und dessen Applikation über die gesamte Mehltauinfektionsperiode bewirkte eine deutlich verbesserte Bekämpfung der sekundären Mehltausymptome. Es gelang mit dieser Maßnahme, den Befall auf 25 bis 50 % abzusenken. Das zusätzliche Einstreuen des Strobilurins Trifloxystrobin in Form von Flint® in die Spritzfolge erbrachte über alle Versuchsjahre gesehen keinen Unterschied zur Topas®-Variante in der Blockapplikation. Aus Gründen des Resistenzmanagements ist dies jedoch eine gute Alternative zur Variante 3.

Durch die Kombination eines synthetischen Wirkstoffes mit Netzschwefel als Abänderung der Variante 4 gelang es, die Bekämpfungsleistung zu steigern. Dieser Effekt war über die drei Versuchsjahre nicht konstant und wies Schwankungen in der Bekämpfungsleistung auf. Im Jahr 2010 und im Juni 2011 konnten keine Abweichungen zu den Varianten 3 und 4 festgestellt werden. 2012 ist in beiden Versuchsgliedern die zuvor erzielte Bekämpfungsleistung eindeutig übertroffen worden. Ein ähnlich schwankendes Bild zeichnete sich beim Einsatz von Cidely® (Cyflufenamid) in einer Topas® Flint®-Rotation (Variante 6) ab. Bei dieser Mittelkombination fehlte zumeist die Dauerwirkung, um den Befall langanhaltend besser zu schützen als in Standardvariante 4.

Zusammenfassend konnte dennoch gezeigt werden, dass sowohl die Zugabe von Schwefel als auch das Einstreuen von Cyflufenamid in die Spritzfolge einen positiven Effekt auf die Bekämpfung des Echten Mehltaus am Apfel hat. Zudem kann mit der Kombination von Wirkstoffen mit unterschiedlichen Wirkorten ein wichtiger Beitrag zum Resistenzmanagement geleistet werden.

Mit der Applikation von Topas® in der doppelten Aufwandmenge in Versuchsvariante 7 gelang es, dessen Wirkung sowohl im Vergleich zu seiner Einfachdosierung als auch in Kombination mit der Flint®-Rotationsvariante deutlich zu übertreffen. Tendenziell schien diese Version der Applikation von Topas® auch die im letzten Absatz besprochenen Rotationen in deren mindernden Wirkung zu übersteigen, was gerade 2012 deutlich zum Vorschein kam (Abbildung 5C). Dies zeigt, dass Topas® mit dem Wirkstoff Penconazol zu den potenten Mittelformulierungen im Einsatz gegen den Erreger des Echten Mehltaus am Apfel *P. leucotricha* zählt. Die Ursache der verbesserten Wirkung einer erhöhten Aufwandmenge ist dabei jedoch nicht eindeutig zu erklären.

Ein ähnliches Ergebnis wurde bei der Verwendung einer Spritzfolge bestehend aus Luna® Experience, Consist® Plus und Topas® erhalten (Variante 8). Obgleich es 2012 getestet werden konnte, war dennoch eine bestätigte Verbesserung der Kontrolle des Pathogens im Vergleich zu den Varianten 1 bis 6 zu verzeichnen. Lediglich Variante 5 zeigte eine ähnlich gute Wirkung zum Populationshöhepunkt im Juli 2012 (Abbildung 5C).

Der dreijährige Feldversuch verdeutlicht, dass die gängigen und bewährten Fungizide wie Topas® und Flint® immer noch eine ausreichende Feldleistung besitzen. Diese kann durch die Kombination mit weiteren Fungiziden wie Netzschwefel sogar noch gesteigert werden. Ebenso ist das Einflechten neuer Wirkstoffe ein probates Mittel, die Gesamtwirkung der Spritzfolge zu erhöhen. Zudem muss eine Anpassung der Fungizidmenge an die laufende Vegetationsperiode berücksichtigt werden, um stets die volle Aufwandmenge zur Anwendung bringen zu können. Die Einführung von Luna® Experience stellt zusätzlich eine neue starke Alternative für die Fungizidbehandlung dar.

3.1.3 Vergleich von Parzellen mit und ohne Mehltauschnitt

Dieser Versuch sollte veranschaulichen, ob bereits das Entfernen des primären Befalls im Winter in einer räumlich sehr begrenzten Parzelle von 4 x 50 Bäumen zu einer deutlichen Reduktion des sekundären Befalls im Frühjahr und Sommer führen kann.

Es konnte gezeigt werden, dass unter den gegebenen Testbedingungen eine zweimalige zusätzliche Schnittmaßnahme in allen drei Versuchsjahren einen verbesserten Gesundheitszustand hinsichtlich einer Infektion durch den Echten Mehltau zur Folge hatte (siehe Abbildung 6). Interessant war auch zu sehen, dass mit abnehmenden Befallsdruck innerhalb der Anlage von 15 bis auf 6 % Primärbefall ebenfalls die sekundären Infektionsereignisse beider Varianten abnahmen, bis sie letztendlich deutlich unter dem Schadschwellenwert von 10 % Blattbefall lagen, sprich einen Boniturwert von deutlich höher als 7 erreichten (GRUNERT 1980).

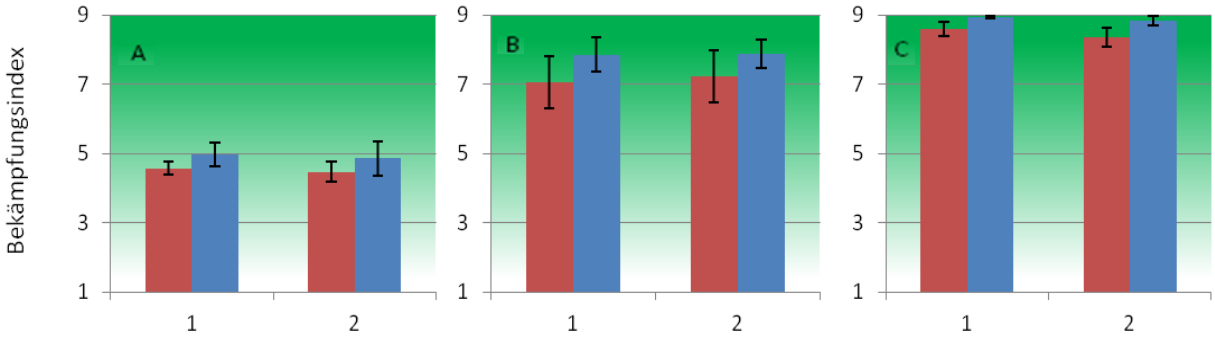


Abbildung 6: Effekt eines gezielten Mehltauschnitts

A: Versuchsjahr 2010; B: Versuchsjahr 2011; C: Versuchsjahr 2012; roter Balken: kein Mehltauschnitt; blauer Balken: gezielter Mehltauschnitt; 1: Erhebung im Juni; 2: Erhebung im Juli; Darstellung der Standardabweichung in den Fehlerbalken

3.1.4 Vergleich unterschiedlicher Wasseraufwandmengen

Laut der Herstellervorgaben sollen Pflanzenschutzmittel im Obstbau mit sehr hohen Wasseraufwandmengen verabreicht werden. Hierbei kommt man schnell, wie bei Topas®, auf 500 bis 1.000 l/ha und m KH. Bei Flint® ist die Vorgabe eine andere, weil hier von höchstens 500 l/ha und m KH gesprochen wird. Aus betriebswirtschaftlichen Gründen werden diese hohen Mengen gescheut. Als in der Praxis üblich können 350 bis 500 l/ha angesehen werden. Dies birgt das Risiko, dass mit diesem niedrigen Applikationsvolumen auch die Wirkungseffizienz sinkt. Abbildung 7 verdeutlicht, dass sowohl bei stärkerem Befall wie im Jahr 2010 als auch bei schwachem Befall 2012 eine leichte Wirkungssteigerung durch eine erhöhte Wassermenge von 1.000 l/ha verglichen mit 500 l/ha zu erreichen ist.

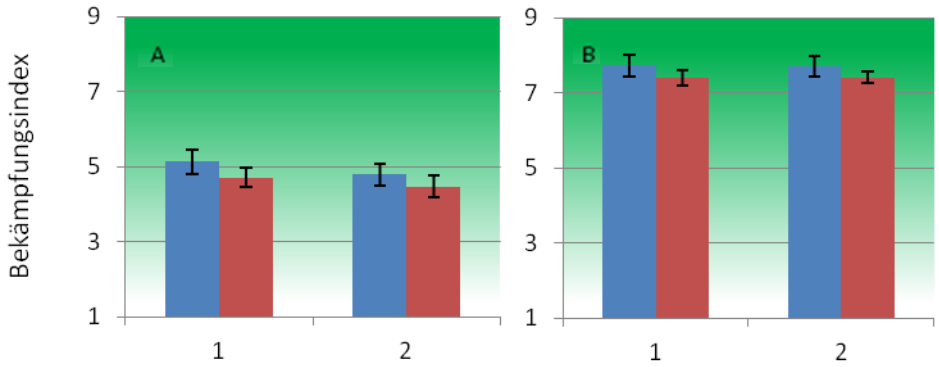


Abbildung 7: Effekt einer erhöhten Wasseraufwandmenge

A: Versuchsjahr 2010; B: Versuchsjahr 2012; blauer Balken: 1.000 l Wasseraufwandmenge; roter Balken: 500 l; 1: Erhebung im Juni; 2: Erhebung im Juli; Darstellung der Standardabweichung in den Fehlerbalken

3.1.5 Vergleich von zwei Kronenformen und zwei Applikationstechniken

Im Raum Sachsen kommen im Wesentlichen zwei Techniken zur Fungizidapplikation zur Anwendung. Hierbei handelt es sich zum einen um ein Überzeilengerät GT 280 (Ingenieurbüro Lüttich) mit einem Anbau von vier Querstromgebläsen (Weber) und zum anderen um verschiedene Ausführungen von Schmalspurtraktoren mit Anhängerspritzen und Axialgebläse. Ein Vorteil des Überzeilengerätes ist, dass es auch durch sehr enge Fahrgassen mit relativ breiten Bäumen fahren kann. Der Schmalspurtraktor benötigt hingegen schmale Kronenformen. Beobachtungen der Anbauer wiesen darauf hin, dass die mit dem Überzeilengerät behandelten Bäume stets einen höheren Besatz durch Mehltau aufwiesen. Um diese Hypothese zu testen, wurden die Bäume zweier aneinandergrenzender Betriebsflächen jeweils mit beiden Applikationstechniken behandelt.

Im Vergleich der Applikationstechnik war, unabhängig von der Kronenstruktur, kein Unterschied zwischen beiden Varianten festzustellen (Abbildung 8). Zusätzliche Untersuchungen zur Spritzmittelverteilung mit wassersensitivem Papier untermauerten dieses Ergebnis und belegten eine relativ gleichmäßige Spritzmittelverteilung durch beide Techniken.

Bezüglich ihres sekundären Mehltaubefalls unterschieden sich die beiden Versuchsflächen unabhängig von der Maschinentechnik hingegen deutlich, was sich folglich auf die verschieden kompakten Kronenformen rückführen ließ. Im Zuge vorgenommener starker Schnittmaßnahmen auf den Flächen des Betriebes 2 glich sich die Baumform im Laufe der Versuchsjahre immer mehr an die des Betriebes 1 an, wodurch auch die zuvor festgestellten Effekte des Kronendurchmessers verschwanden (Abbildung 8).

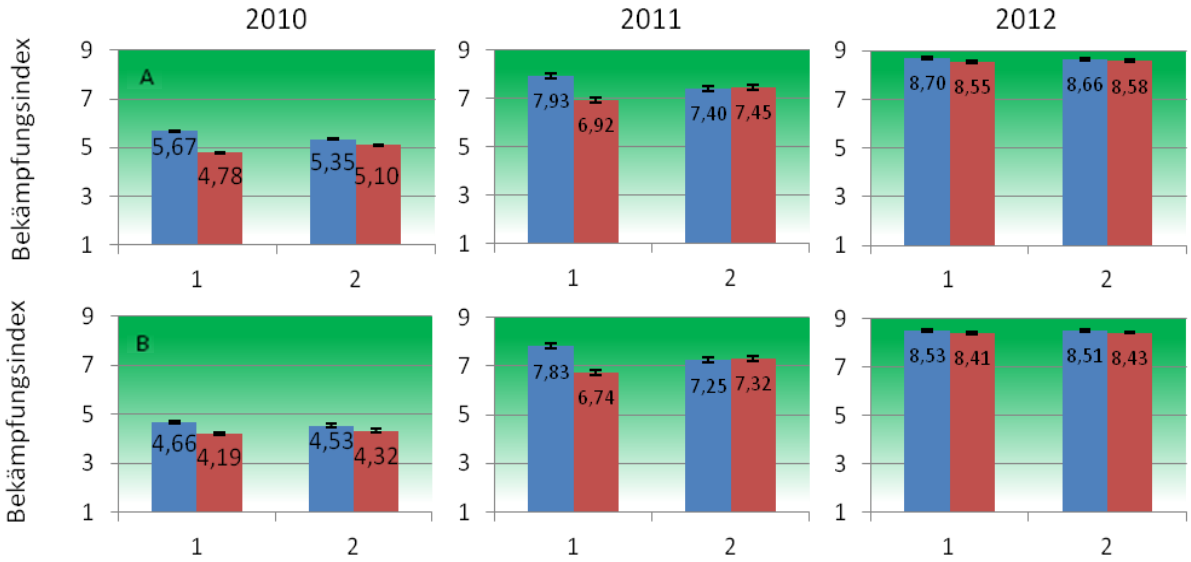


Abbildung 8: Effekt von Spritztechnik und Kronenstruktur auf den Mehltaubesatz

A: Juni-Bonitur; B: Juli-Bonitur; 1 blauer Balken: Bäume Betrieb 1; 1 roter Balken: Bäume Betrieb 2; 2 blauer Balken: Traktor mit Axialspritze; 2 roter Balken: Überzeilengerät; Darstellung der Varianz in den Fehlerbalken

3.1.6 Vergleich von drei Kronentypen bezüglich Mehltaubekämpfung und Mittelanlagerung

Basierend auf den Erkenntnissen aus dem Versuch in Kap. 3.1.5 lag die Überlegung nah, mittels eines Experiments den optimalen Kronendurchmesser zu ermitteln. Eine Altanlage Idared in Gorknitz hatte dafür die idealen Voraussetzungen, weil hier ein enorm hoher Befallsdruck von rund 16 % Primärbefall herrschte. Im Zuge der betriebsüblichen Schnittmaßnahmen gelang es, drei unterschiedlich starke Kronentypen zu erzeugen, welche Tabelle 6 auflistet. Wie in Abbildung 9 dokumentiert, zeigten die Bäume mit einem Durchmesser von weniger als 1,60 m den geringsten sekundären Befall im Jahr 2011. Ein Unterschied zwischen der Betriebsvariante und der Superspindel konnte nicht festgestellt werden. Im Jahr 2012 musste die Versuchsfläche gewechselt werden. Die Blätter der Bäume wiesen zum Zeitpunkt der Bonituren einen deutlich höheren sekundären Befall auf als die aus dem Vorjahr. Die Gründe hierfür lagen in einem höheren Primärbefall von rund 19 %, dem allgemein stärkeren Habitus der Versuchsbäume und einer verringerten Wasseraufwandmenge von 300 l. Trotz dieser Umstände gelang es erneut, das beste Bekämpfungsergebnis bei den Bäumen mit einem Kronendurchmesser von weniger als 1,60 m zu erzielen (Abbildung 9). In diesem Fall war dies die zusätzlich erzeugte Superspindelvariante. Die Betriebsvariante unterschied sich dennoch deutlich von der ungeschnittenen.

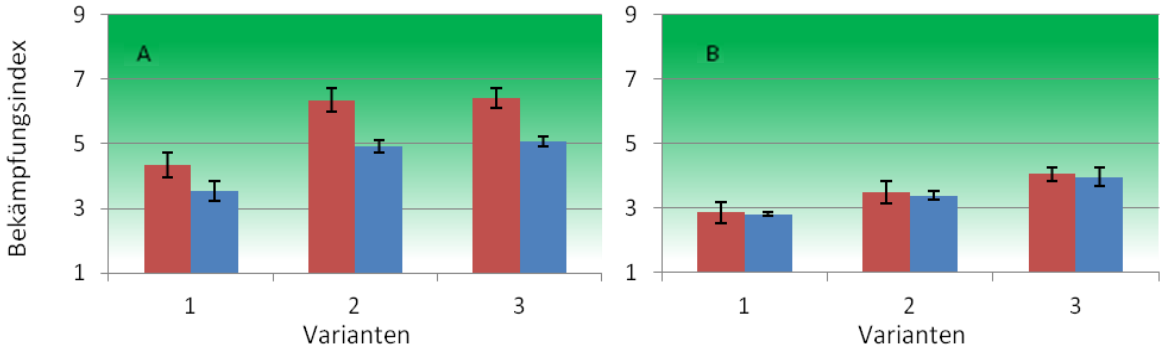


Abbildung 9: Effekt verschiedener Kronendurchmesser auf die Mehltaubekämpfung

A: Versuchsjahr 2011; B: Versuchsjahr 2011; roter Balken: Juni-Bonitur; blauer Balken: Juli-Bonitur; 1: Ungeschnitten; 2: Betriebsvariante; 3: Superspindel; Darstellung der Standardabweichung in den Fehlerbalken

Die zusätzliche Überprüfung der Spritzmittelverteilung mittels wassersensitiven Papiers deckte hohe Anlagerungsraten in den äußeren Kronenbereichen auf, wohingegen die inneren Regionen und die Spitzen der Bäume eher schlecht benetzt wurden. Untersuchungen zum Fungizidgehalt der Blätter in diesen Bereichen gingen mit der Verteilungsanalyse einher. In den Außenbereichen der Bäume der Betriebsvariante konnten bis zu 6 µg Penconazol je g Blattmasse extrahiert werden. Ungeschnittene Bäume wiesen durchschnittlich 4 µg Penconazol je g Blattmasse auf. Für die inneren Bereiche und in den Kronenspitzen zeichnete sich ein ähnliches Verhältnis ab, jedoch konnten hier nur Werte zwischen 1,2 und 3,5 µg/g (Betriebsvariante) bzw. 0,9 und 2,5 µg/g (ungeschnitten) erzielt werden. Diese Ergebnisse zeigten, dass eine schlankere Kronenform unweigerlich zu einer erhöhten Fungizidanlagerung und einer gleichmäßigeren Verteilung der Spritzbrühe in der gesamten Krone führt. Basierend darauf überrascht es nicht, dass mit abnehmenden Kronenvolumen auch die Bekämpfung des Pilzes gleichmäßiger und in der Summe effektiver erfolgt (Abbildung 10).

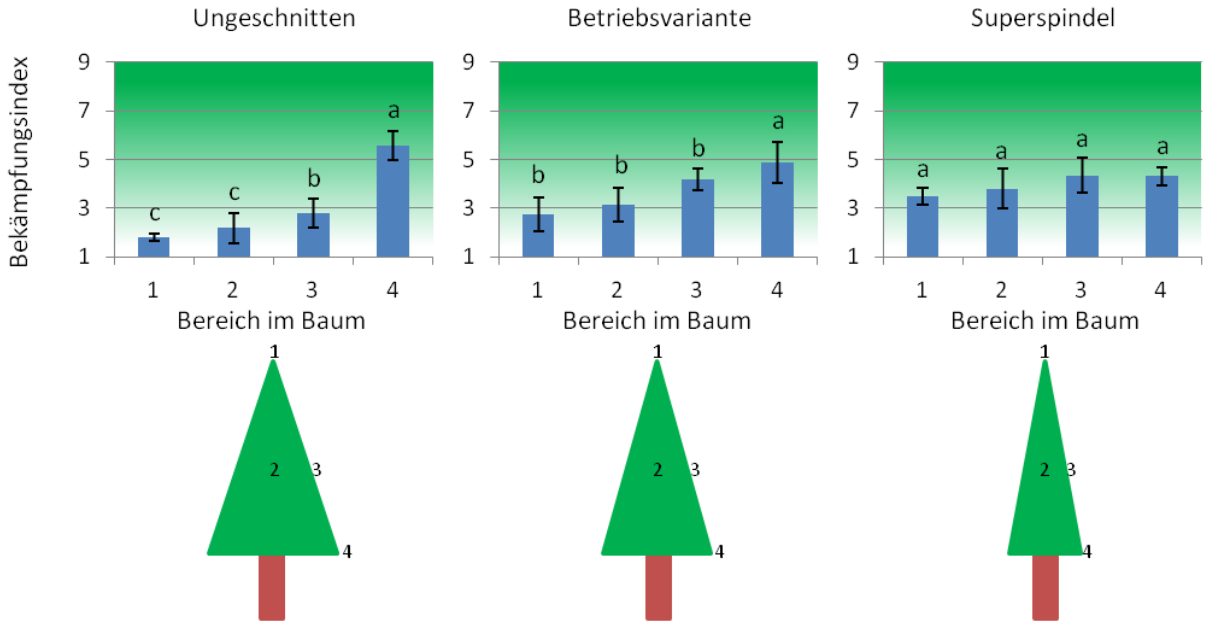


Abbildung 10: Mehltauverteilung in drei Baumschnittvarianten im Juni 2012

Die Zahlen 1 bis 4: jeweilige Kronenregion; unterschiedliche Buchstaben symbolisieren Unterschiede oder Gleichheit des Befalls; Darstellung der Standardabweichung in den Fehlerbalken

3.2 Auswertung der Fungizidsensitivitätstests

Zum Verständnis, ob sich eine Pilzpopulation im Laufe der Jahre an ein bestimmtes Präparat oder an eine Wirkstoffgruppe angepasst hat, ist es notwendig, regelmäßige Untersuchungen zur Sensitivität durchzuführen. Bei den Mehltaupilzen handelt es sich um obligat biotroph lebende Organismen. Für ihre Entwicklung benötigen sie deshalb zwingend lebendes Wirtsgewebe. Dies gewährleistend genügten im Fall von *P. leucotricha* junge Apfelblätter, welche während der Infektions- und Kolonisationsphase auf Benzimidazolagar inkubierten. Um den Vergleich mit bereits durch die EpiLogic GmbH untersuchten Proben von 10 Standorten aus dem Raum Sachsen zu ermöglichen, erfolgten die Untersuchungen auch weiterhin bei dieser Firma.

Bei den analysierten Proben handelte es sich um Einsporlinien, deren Isolation von sekundär befallenen Blättern erfolgte. Diese Erhebungen wurden vom Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie im Jahr 2009 begonnen und im Rahmen des Projektes bis 2012 fortgeführt. Ab dem Jahr 2010 sind die in Tabelle 2 aufgeführten Versuchsstandorte zusätzlich mit in das Monitoringprogramm aufgenommen worden.

Die analysierten Standorte im Raum Sachsen und Sachsen-Anhalt umfassten 5 Klassen unterschiedlich sensitiver Isolate (Tabelle 7), welche mit wechselnder Häufigkeit annähernd in allen Schlägen aufzufinden waren. Trotz des regelmäßigen Einsatzes von Azolfungiziden wie Penconazol war in keiner der untersuchten Flächen die Anreicherung nicht sensitiver Individuen in einer Population dauerhaft festzustellen.

Im Zeitraum von 2009 bis 2012 zeigten die Isolate der Standorte Wirkungsverschiebungen in Abhängigkeit des jeweiligen Jahres mit positiver und negativer Sensitivitätstendenz. Über den gesamten Zeitraum betrachtet verringerte sich dennoch der Gesamtanteil der hochsensitiven Isolate der Klasse 1 und 2 jedes Jahr und die Klassen 3 und 4 reicherten sich an (Tabelle 7). Diese Erscheinung kann evtl. aber auch auf statistische Verteilungseffekte und ungleichmäßige Stichprobenumfänge zurückzuführen sein. Zur Absicherung dieses Ergebnisses sollte deshalb die Versuchsreihe an wenigen ausgewählten Standorten in einem größeren Stichprobenumfang weitergeführt werden.

Eine Verbreitung von stark adaptierten Sporen über mehrere Kilometer hinweg scheint unwahrscheinlich, weil es keinen Hinweis zur Ausbreitung der mittelstark angepassten Population aus Höhnstedt (Sachsen-Anhalt) mit der Hauptwindrichtung zum Beispiel in das 30 bis 40 km entfernte Anbaugebiet in Pohritzsch (Sachsen) gibt. Hier liegen die EC_{50} deutlich niedriger und seit Jahren auf einem stabilen Niveau. Weitere Beispiele hierfür finden sich ebenfalls zwischen Betrieben in Sachsen, die ungefähr auf einer Linie mit der Hauptwindrichtung liegen.

Weitere Untersuchungen von Blättern, welche zur Verwendung im Sensitivitätstest präpariert und anschließend analysiert worden waren, ergaben, dass eine EC_{98} von 1–3 mg/l rund 1,7–5,1 µg Penconazol je g Blattmasse entspricht. Diese Konzentration repräsentiert die Sensitivität eines Großteils der getesteten Mehltauisolate. Die Wahl des ungenaueren EC_{98}-Wertes war in diesem Fall dadurch gerechtfertigt, dass dieser die Konzentration am besten widerspiegelt, die für die Beseitigung aller Individuen speziell dieser Populationen notwendig war. Betrachtet man hierzu die ermittelten und in Kap. 3.1.6 angeführten Mittelkonzentrationen in den Blättern der Versuchsbäume, wird offenkundig, dass lediglich bei durch die Schnittmaßnahmen schmal erzogenen Bäumen der für eine wirksame Bekämpfung notwendige Wirkstoffgehalt in den Blättern erreicht werden konnte.

Tabelle 7: Klassifizierung der Mehltauisolate geordnet nach MIC (Minimale Hemmkonzentration)

Klassen	MIC	Anzahl	Anteil 2009	Anteil 2010	Anteil 2011	Anteil 2012
Klasse 1	0,1 mg/l	2	4 %	0	0	0
Klasse 2	0,3 mg/l	8	4 %	4 %	4 %	2 %
Klasse 3	1,0 mg/l	83	18 %	25 %	46 %	44 %
Klasse 4	3,0 mg/l	126	72 %	54 %	46 %	47 %
Klasse 5	10 mg/l	17	2 %	17 %	4 %	8 %

Neben Penconazol stellt Trifloxystrobin einen weiteren wichtigen Wirkstoff zur Bekämpfung des Echten Mehltaus am Apfel dar. Aus anderen Pflanzenpathogenen ist eine starke Resistenz gegenüber diesem Wirkstoff bekannt, welche auf einer Punktmutation des Cytochrom b-Gens beruht. Weil diese DNA-Sequenz für *P. leucotricha* nicht zweifelsfrei aufgeklärt ist, sind Biotests ein unerlässliches Mittel, um eine Resistenz früh-

zeitig festzustellen. Auf Grundlage der bis dato gewonnenen Erkenntnisse ist von keiner Strobilurinresistenz an den untersuchten Standorten im Raum Sachsen und Sachsen-Anhalt auszugehen.

4 Diskussion

Die Bekämpfung des Echten Mehltaus am Apfel, *Podosphaera leucotricha*, ist im Allgemeinen gut untersucht (ELLIS et al. 1981; SMITH et al. 1988; PALM & KRUSE 2010). Zu Beginn der Projektarbeit im Jahr 2010 waren mit Topas® (Penconazol) und Flint® (Trifloxystrobin) zwei Mittel verschiedener Wirkspezifitätsklassen verfügbar, die 10 potente Anwendungen gegen das Pathogen ermöglichten (REUVENI 2000). Die Behandlung mit dem *multi-site* Fungizid Schwefel (Netzschwefel Stulln®) stellte mit 12 weiteren Einsätzen auch eine Handlungsoption (WICKS et al. 1997). Trotz dieser etablierten Auswahl an Fungiziden zur Infektionskontrolle kam es nach Berichten verschiedener Obstproduzenten unabhängig von der Apfelsorte zu verminderten Wirkungen nach der Applikation. Dies legte den Verdacht eines evtl. *shiftings* der Population oder gar einer sich einstellenden Resistenz des Erregers nahe. Zur Analyse der Ursache der geschilderten Umstände wurden innerhalb dieser Arbeit folgende Aspekte näher untersucht:

- Erfassung des Primärbefalls zur Ermittlung der Unterschiede im Grad des Mehltaubefalls zwischen verschiedenen Sorten und Anbauflächen
- Feldwirkung verschiedener Mittelkombinationen
- Wasseraufwandmenge und der Einfluss auf die Wirkung der Pflanzenschutzmittel
- Wahl der Spritztechnik und die Auswirkung verschiedener Kronendurchmesser auf die Bekämpfungsleistung
- Anpassung verschiedener Mehltauisolate im Raum Sachsen und Sachsen-Anhalt an Penconazol

4.1 Auswirkungen des Primärbefalls auf die Verbreitung und Sekundärinfektion des Apfelmehltaus

Zur Erfassung des Ausgangsbefalls durch *P. leuctoricha* im Jahr 2010 sind zunächst verschiedene Apfelanlagen mit unterschiedlich starkem Infektionsniveau besichtigt worden. Dabei wurde in einigen Schlägen eine Vielzahl von deformierten Knospen mit leicht geöffneten Knospenschuppen vorgefunden, wobei dies eine Symptomausprägung des primären Befalls durch den Erreger ist (FERREE & WARRINGTON 2003).

Laut FRIEDRICH & RODE (1996) werden für eine erste Erhebung des Ist-Zustandes im Winter und Frühjahr alle Langtriebe ausgezählt, welche eine verformte Endknospe tragen, und in das Verhältnis zur Gesamtzahl aller Langtriebe gesetzt. Ergibt diese Auszählung, dass mehr als 5 % der Knospen besiedelt sind, ist eine chemische Maßnahme im Frühjahr unerlässlich, um eine Massenvermehrung des Pilzes zu verhindern. Die Aufnahme der Bestände im Jahr 2010 ergab neben der oben beschriebenen klassischen Befallssituation in vielen Fällen auch, dass Langtriebe mit gesunder terminaler Endknospe vermehrt erkrankte Seitenknospen aufwiesen. An Kurztrieben fanden sich ebenso infizierte Knospen. Dies berücksichtigend wurde die Erhebungsmethode für den primären Befall dahingehend modifiziert, dass durch das Auszählen aller Knospen eines Baumes die geschilderten zusätzlichen Infektionsherde in der Erhebung erfasst werden konnten.

Die Auswertung der Daten der als hoch anfällig geltenden untersuchten Sorten Idared, Pinova und Braeburn zeigte starke Unterschiede im primären Befallsniveau. Gleiches traf auch für die verschiedenen Standorte, welche mit einem dieser Kultivare bepflanzt waren, zu. Der Grad der Infektion reichte bei der Sorte Idared von rund 6 % bis hin zu ca. 25 %. Bei Pinova und Braeburn fanden sich Anlagen, die deutlich unter 5 % Mehltaubesatz blieben, auch einige mit rund 7 % in Sachsen-Anhalt und eine Braeburn-Anlage im Borthener Raum mit über 18 % Befall. Laut FRIEDRICH & RODE (1996) liegt der Schwellenwert für eine Behandlung im Frühjahr bei 5 %. Diesen Wert als Schadschwelle verwendend lässt die Aussage zu, dass es prinzipiell möglich ist, einen Bestand, auch bei hoch anfälligen Sorten, frei von Mehltau zu halten.

Die Auswirkungen eines Anfangsbesatzes von über 5 % spiegeln sich wiederum im nachfolgenden sekundären Befall wider, weil dieser die primäre Inokulumquelle darstellt und der Pilz sich von hier aus durch den Wind in der Anlage verbreitet (BURCHILL 1960). Kommt es in der Folge zu einem häufigeren Blattbefall beispielhaft von 2 % auf 19 %, so zeigten BUTT et al. (1983), dass dies eine Reduktion der Triebe je Baum um 32 % und der Blätter je Trieb um 19 % bedingen kann. In der Folge bilden sich kleinere und leichtere Früchte. Die dadurch resultierenden Verluste können in Abhängigkeit der Sorte bis zu 33 % des Gesamtertrages umfassen.

Die Gefahr einer stärkeren Beeinflussung nicht mit Mehltau infizierter, aber dafür anfälligerer Bäume durch kontaminierte Nachbarflächen wird ab einer Entfernung von 30 m sehr gering, und sinkt ab 100 m auf annähernd Null. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass starke Befallssituationen zumeist aus dem eigenen Bestand heraus entstehen und selbst innerhalb diesem oft räumlich begrenzt sind.

Anhand der sog. *rusty spots* an Pfirsichen gelang es, die Verbreitung der Konidien von *Podosphaera leucotricha* über kurze Distanzen aufzuzeigen (JANKOVICS et al. 2011; RIES & ROYSE 1978; BLODGETT 1941). Die Korrelation zwischen der Befallsintensität und dem Abstand zu mit Mehltau befallenen Apfelgehölzen wiesen RIES & ROYSE nach. An Pfirsichfrüchten waren 43 bis 50 % der typischen Krankheitsanzeichen zu beobachten, wenn Bäume der hoch anfälligen Apfelsorte Jonathan lediglich 10 m von diesen entfernt standen. Eine Abstandserweiterung auf 90 m zwischen den Obstarten erbrachte eine deutliche Reduktion der Werte auf 3 bis 10 %.

Ein ähnliches Schadbild zeichnete sich an *Prunus persica*-Früchten ab, die in Nachbarschaft zu mit Mehltau erkrankten Rosenbüschen standen. Bei einem Abstand von 25 m kam es an den Pfirsichen zu Infektionsraten von 30 bis 70 %, bei 30 m maximal zu 10 % und bei 100 m unter 5 %. Der Erreger des Echten Mehltaus an Rosen und Pfirsichen *P. pannosa* wurde jedoch aufgrund des Mangels an für dessen Pathogenese typischen Symptomausprägungen als Verursacher ausgeschlossen. Stattdessen wurde *P. leucotricha* oder ein nah verwandter Vertreter als das Schadbild prägend vermutet (JANKOVICS et al. 2011; KABLE et al. 1980).

Diese geschilderten Sachverhalte gehen mit den in Kap. 3.1.3 erhaltenen Resultaten zum gezielten Mehltauschnitt einher. So wurden trotz zweimaligem Entfernen des primären Befalls im Winter und Frühjahr relativ starke sekundäre Mehltaubefunde beobachtet. In den Versuch integriert waren 4 Baumreihen inmitten einer hoch infizierten Idared-Anlage. Die durch den Betrieb durchgeführten Schnittmaßnahmen in den Jahren 2010 und 2011 führten dennoch zu einer Reduktion des Primärbefalls, der sich auch in den sekundären Befallswerten, insbesondere des letzten Versuchsjahres 2012, gut widerspiegelte. Es zeigte sich, dass das Eliminieren befallener Knospen, einhergehend mit der betriebsinternen Spritzfolge auf einer räumlich stark begrenzten Fläche, nicht ausreichend war, um den Schaden im Sommer gänzlich zu vermeiden. Die Versuchsausführung zeigte dennoch in allen Fällen deutlich bessere Bekämpfungserfolge im Vergleich zur, als Kontrolle dienenden, internen Standard-Betriebsvariante. Dies untermauert die Vermutung, dass der Eintrag der Sporen von

den ungeschnittenen Bäumen erfolgte. Legt man nun die Entfernungsmessungen aus den Untersuchungen von JANKOVICS et al. und KABLE et al. diesen Ergebnissen zu Grunde, kann mit hoher Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass ab einer Entfernung von 90 bis 100 m keine sekundären Symptomausprägungen zu Beginn der Mehltausaison an gezielt geschnittenen Bäumen zu erwarten sind.

Unter Berücksichtigung der gewonnenen Erkenntnisse aus dem durchgeführten Feldversuch sollte es ggf. möglich sein, bei regelmäßiger und gewissenhafter Kontrolle des Bestandes eine bis mehrere Fungizidapplikationen einzusparen. Zeitgleich könnte dieser Umstand die Kosten für die zusätzliche mechanische Maßnahme wieder amortisieren. In gleichzeitiger Kombination mit dem im Spätsommer durchgeführtem Belichtungsschnitt ließe sich ggf. eine weitere Arbeits- und Kostenreduktion realisieren.

Untersuchungen zur Mittelprüfung des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie zeigten, dass bei extrem geringem Befallsdruck sogar gänzlich auf chemische Maßnahmen verzichtet werden kann. SCHMADLAK & TRAPP demonstrierten dies im Jahr 2012 anhand einer unbehandelten Kontrolle, welche im Durchschnitt weniger als 10 % Sekundärinfektion aufzeigte. Laut CROSS & BERRIE (1990) stellt dies den Bekämpfungsschwellenwert des sekundären Befalls dar. Die restlichen Varianten waren annähernd frei von Befall. Die sekundären Blattbefälle einer im Spritzmittelversuch in Höhnstedt (Sachsen-Anhalt) mitgeführten, unbehandelten Kontrolle mit über 50 % spiegeln im Vergleich zum o. g. Ergebnis deutlich den Einfluss des Primärbefalls und des Infektionsdrucks wider. Entgegen der isolierten Fläche von SCHMADLAK & TRAPP befand sich die Parzelle in Höhnstedt nämlich integriert in einer mit 25 % Primärbefall belasteten Anlage. Daraus lässt sich schließen, dass die mechanische Entfernung des primären Inokulums von essentieller Bedeutung für die Reduktion des Befallsdrucks ist. In der Folge kann dies gleichfalls in einem Einsparpotenzial in der Verwendung chemischer Wirkstoffe resultieren.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Konidien des primären Befalls im Baum den sekundären Befall speziell im Wirtsbaum, aber auch in den umliegenden Bäumen verursachen.

In einem Zeitfenster von ca. 50 Tagen kommt es zur Produktion von Sporen auf den primär befallenen Pflanzenteilen (XU 1999). Deshalb muss gerade in diesem Zeitraum das junge Laub optimal geschützt werden. Dies gilt vor allem für die anfälligen Obstgehölze, welche in unmittelbarer Nähe im Bereich von 60 bis 100 m zu potenziellen Infektionsherden stehen. Ist es gelungen, durch mechanische und chemische Maßnahmen die zu schützende Anlage über diesen Sporulationszeitraum frei von sekundärem Befall zu halten, kann eine Fungizidbehandlung nach Bedarf, z. B. bei einem Anstieg der sekundären Schadsymptome über das Niveau der Schadschwelle, erfolgen. Diese Strategie bedarf jedoch in jedem Fall einer regelmäßigen Kontrolle der Bestände, weil Sporen ggf. auch aus größeren Entfernungen in das Feld eingetragen werden können.

4.2 Wirkung verschiedener Fungizidkombinationen im Feldversuch

Neben *Venturia inaequalis* ist *P. leucotricha* der bedeutendste Krankheitserreger am Apfel und führt bei starkem Befall zu einer Reduktion der Photosyntheseleistung von bis zu 85 %, einhergehend mit Ertragsverlusten und Wuchsdepressionen (ELLIS et al. 1981; BUTT et al. 1983). Wie schnell ein solches Schadbild mit dem Potenzial enormer wirtschaftlicher Ertragseinbußen ausgebildet werden kann, zeigt die unbehandelte Kontrolle des Fungizidversuchs in Höhnstedt (Sachsen-Anhalt). Die hier erzielten sekundären Befallswerte von 1,2 bis 1,4 entsprechen 50 bis 95 % Blattbefall, wobei auch gänzlich besiedelte Blätter nicht ungewöhnlich waren.

Diesem Szenario entgegenwirkend werden in der Praxis verschiedene Pflanzenschutzmittel mit fungiziden Wirkstoffen wie Netzschwefel, Topas® (Penconazol) und Flint® (Trifloxystrobin) eingesetzt. Weitere Präparate wie Luna® Experience (Fluopyram und Tebuconazol) oder Cidely® (Cyflufenamid; Vegas®) sind gerade zugelassen worden.

Eine Reduktion des Mehltaubefalls verspricht die Behandlung mit Schwefelprodukten wie z. B. Netzschwefel Stulln® (BÖRNER 2009). Im durchgeführten Feldversuch (Kap. 3.1.2) war es möglich, diese Wirkung eindeutig im Vergleich zur Negativkontrolle nachzuweisen. Mit 50 bis 75 % Myzelwachstum auf den Blattunterseiten wies diese Variante aber immer noch einen starken bis sehr starken Befall auf. Die Ursache für den erreichten, doch eher moderaten Bekämpfungserfolg scheint vermutlich in der mit 2 kg/ha m KH eingesetzten Mittelaufwandmenge begründet zu liegen. Eine gesteigerte Aufwandmenge von 2 auf 6 bis hin zu 12 kg/ha zur Bekämpfung von Rebenmehltau zeigte eine deutliche Steigerung der Mittelleistung. Anzuführen ist hierbei auch, dass unter Berücksichtigung der Weinrebengröße die veranschlagten 2 kg/ha in Abhängigkeit der Kronenhöhe mindestens einer doppelten Aufwandmenge an Apfelbäumen entsprechen müssten. Im Umkehrschluss heißt dies, dass mit der hier eingesetzten Konzentration an Netzschwefel Stulln® deutlich unter den angeführten gesteigerten Versuchsbedingungen der Analyse an Weinreben gearbeitet wurde. Die höchste, von WICKS et al. (1997) eingesetzte Stufe war sogar in der Lage, eine mit Topas® vergleichbare Wirkung zu erzielen. Eventuell damit einhergehende phytotoxische Schäden blieben trotz Temperaturen von bis zu 40 °C bei trockenem Wetter minimal (WICKS et al. 1997).

Das Versuchsglied in Höhnstedt, in welchem Topas® als Block 10-mal appliziert wurde, resultierte in weniger als 50 % Pilzbefall der Blätter. Im Vergleich mit der Schwefelvariante führte dies zu einer eindeutigen Verbesserung des Gesundheitszustandes der Bäume. Ob nun gleichfalls höhere Aufwandmengen von Schwefel wie am Beispiel der Weinreben in der Lage wären, ähnliche Wirkungen gegen *P. leucotricha* wie Topas® zu erzielen, kann mit den erhobenen Daten nicht ausgeschlossen werden. Ein weiterer Versuch könnte dazu eine abschließende Klärung bringen, wobei eine Pflanzenverträglichkeit für höhere Schwefelkonzentrationen zu berücksichtigen ist.

Schlussfolgernd aus Versuchen an Apfel, Mango und Nektarine sollte die Verwendung von Trifloxystrobin (Flint®) bereits in kleinsten Mengen die Wirkung von Topas® und Schwefel deutlich übersteigen (REUVENI 2000). Erhärtet wird diese Vermutung ebenfalls durch Versuchsergebnisse des Weinbaus. Verbesserungen der Wirkung konnten durch eine Kombination von Topas®, Schwefel und Flint® in der Spritzfolge erzielt werden. Vergleichend mit der zuvor besprochenen Topas®-Variante waren unter den Versuchsbedingungen in Höhnstedt jedoch keine signifikanten Wirkungsunterschiede feststellbar. Begründet liegt dies wohl in den extremen Versuchsbedingungen: Primärbefall in den unbehandelten Randstreifen von ~25 % und starker Befallsdruck. Anzudenken wäre eine Überprüfung dieses Sachverhaltes unter moderateren Versuchsbedingungen an einem anderen Standort.

Beruhend auf der guten Benetzungswirkung von Schwefel und auf dessen fungiziden Wirkeigenschaften wurde die Mehltaubekämpfung durch Topas® unter der Zugabe von 1 kg Netzschwefel je Hektar in einer Versuchsanstellung zur Mittelprüfung in Dresden-Pillnitz erfolgreich getestet (TRAPP & SCHMADLAK, unveröffentlicht). Eine hiervon abgeleitete und an die Zulassungsbestimmungen angepasste Mittelrotation aus Topas® und Flint® mit dem Zusatz von 1 kg Netzschwefel Stulln® je ha und m KH zu jedem Applikationstermin (siehe Tabelle 3), wies ebenfalls eine verhältnismäßig gute Wirkung bezüglich der Bekämpfung des Echten Apfelmehltaus auf. In Abhängigkeit des Versuchsjahres überstieg diese Wirkstoffkombination die Effekte der Varianten 3 und 4 deutlich.

Zum Erhalt eines positiven Vergleichsstandards fiel die Wahl auf Cidely® mit dem Wirkstoff Cyflufenamid. Die Zugehörigkeit zu keiner der bislang im Obstbau eingesetzten Mittelwirkstoffgruppen und die hohe Mehltauspezifität, gepaart mit hervorragenden protektiven sowie kurativen Eigenschaften, wies sich dieses Präparat rein faktisch als eine alle Voraussetzungen für eine herausragende Bekämpfungsleistung erfüllende Substanz aus. Die Verteilung des Wirkstoffes sowohl über eine Dampfphase als auch translaminar im Blatt sprach für eine gute Erfassung des Pathogens (HARAMOTO et al. 2006A). Dies betrifft jedoch nur die Entwicklung ab der Haustorienbildung (HARAMOTO et al. 2006B). Entgegen der überragenden Wirkung von Cyflufenamid in Bekämpfungsversuchen von Mehltau an Gurken, Erdbeeren und Getreide zeigte dieser Wirkstoff unter dem hohen Infektionsdruck in der Versuchsanlage ein gutes, aber sehr stark schwankendes Vergleichsergebnis. Hierbei fiel auf, dass vor allem die Langzeitwirkung in den Jahren 2011 und 2012 lediglich auf dem Niveau der Variante 4 lag. Zum Zeitpunkt des Populationsaufbaus im Juni war der Wirkeffekt hingegen hervorragend. Eine Erklärung hierfür kann eine ständige Nachlieferung frischer Sporen aus den nicht behandelten Versuchs- und Randbereichen darstellen. Einhergehend mit einer in der Praxis üblichen Gesamtflächenbehandlung wären alle Inokulumquellen beseitigt und somit der Befallsdruck sehr stark gemindert worden. Diese Hypothese belegend stellte sich eine hervorragende Bekämpfungsleistung durch eine Topas®-Cidely®-Rotation in Dresden-Pillnitz ein. Resultierend aus der Größe dieser Testfläche und der ausreichenden räumlichen Isolation zu anderen Apfelbäumen ergab sich ein deutlich geringerer Befallsdruck und folglich ein deutlich geringerer Befall (TRAPP & SCHMADLAK, unveröffentlicht). Bezüglich des Resistenzmanagements sollte dieser Wirkstoff Eingang in die Spritzfolgen finden. Strobilurinresistente Isolate des Gurkenmehltaus konnten wirkungsvoll durch eine Cyflufenamidbehandlung erfasst werden, wodurch das *shifting* hin zu einer Population mit ausschließlich resistenten Erregern gestoppt und umgekehrt wurde (HARAMOTO et al. 2006B).

Mit der Einführung von Luna® Experience stand ein weiterer neuer Wirkstoff zur Verfügung, der in Kombination mit Tebuconazol, einem Triazol, appliziert wird. Bei dieser Substanz handelt es sich um Fluopyram, einem neuartigen SDHI-Fungizid (**S**uccinat-**D**e**h**ydrogenase-**I**nhibitor).

In der Versuchsanlage in Höhnstedt kam dieses Mittel erstmals im Jahr 2012 zum Einsatz. Vergleichend mit den übrigen Versuchsgliedern zeigte eine Rotation aus Luna® Experience, Consist® Plus und Topas® (Tabelle 3) eine sehr gute Bekämpfungsleistung, welche im Juli jedoch nur noch ähnlich hoch wie die der Variante 5 (Topas® und Flint® + Netzschwefel Stulln®) war. Während des Populationsaufbaus konnte nur eine Topasvariante in der doppelten Aufwandmenge tendenziell besser abschneiden. Mit Boniturnoten über 5 war ein Befall von weniger als 25 % zu verzeichnen. Versuche in Weinanlagen belegten die herausragende Wirkung gegen Mehltau und andere Weinkrankheiten (KUHMANN & SCHRADER 2010) ebenso wie die Versuche in Dresden-Pillnitz (TRAPP & SCHMADLAK, unveröffentlicht). Der ebenfalls in der Spätphase der Saison auftretende Wirkungsabfall begründet sich wahrscheinlich gleich wie für die Versuchsvariante 6 (Topas®-Cidely®-Flint®-Rotation) geschildert.

Eine abschließende Betrachtung der Variante 7 mit Topas® in der doppelten Aufwandmenge verdeutlicht das Wirkpotenzial des Fungizids. Unerlässlich für die volle Mittelwirkung scheint somit die Anpassung der Aufwandmengen an die jeweilige Entwicklungsphase und damit einhergehende Kronenhöhe. Bei Nichtbeachtung kann dies schnell zu Unterdosierungen und vermeintlich verminderten Wirkungsgraden führen.

4.3 Beeinflussung der Wirkung von Topas® durch die Wasseraufwandmenge in der Spritzbrühe

Pflanzenschutz mit Fungiziden ist im Obstbau eine sehr wasserintensive Maßnahme. Klar wird dies schnell, wenn man allein den Umstand betrachtet, dass üblicherweise 12 bis 20 Anwendungsrunden für Fungizidapplikationen im Bestand durchgeführt werden. Präparate wie Topas® erfordern nach Herstellerangaben Flüssigkeitsmengen von bis zu 500 l pro Hektar und m KH. In der Summe bedeutet dies schnell einen Verbrauch von mehreren tausend Liter Wasser pro Saison und Hektar. Die enormen Aufwandmengen sorgen zeitgleich auch für längere Fahrt- und Befüllzeiten sowie einen gesteigerten Kraftstoffverbrauch. Aufgrund dieser hohen betriebswirtschaftlichen Belastungen sind in der Praxis im Zuge einer Kostenreduktion oftmals Minimalaufwandmengen von lediglich 350 bis 500 l pro Hektar üblich.

Der in Kap. 3.1.4 vorgestellte Versuch zeigt, dass die Aufwandmenge bei der Anwendung von Penconazol zwar einen geringen, aber mathematisch eindeutig nachweisbaren Effekt auf den Bekämpfungserfolg hat. Miteinander verglichen wurde dabei eine Topas®-Variante mit 1.000 l und eine mit 500 l Wasser pro Hektar. CROSS & BERRIE zeigten bereits 1990 den Einfluss unterschiedlicher Wasseraufwandmengen auf die Bekämpfung von *P. leucotricha*. Hierbei stellte sich heraus, dass bei Versuchsversionen von 50, 100–150 und 450–500 l/ha letztere die beste Wirkung gegen Mehltau hatte. Ähnlich wie in dieser Arbeit waren zwischen den Varianten nur geringe Differenzen zu verzeichnen. Dennoch kann unter gewissen Voraussetzungen eine starke Volumenreduktion vorgenommen werden und auch sinnvoll sein. So zeigten DORUCHOWSKI et al. (1995), dass bei der Erziehung der Baumkrone zu einer Superspindel von 0,5 m im Durchmesser und 1,7 m Höhe eine Wasseraufwandmenge von 120 l/ha eine bessere und gleichmäßigere Verteilung erzeugt.

Eine verhältnismäßig starke Reduktion des Aufwandvolumens zur Gewährleistung der Wirkeffektivität ist wahrscheinlich nur mit einer intensiven Bestandsüberwachung, einer sorgfältigen Wartung und Einstellung der Spritztechnik zuzüglich einer steten Kontrolle der Düsen zu realisieren. Bei Einführung einer neuen Maßnahme sollte zwingend eine Kontrollparzelle mitgeführt werden. Vermeintliche Unterschiede und mögliche Effekte lassen sich dadurch gut vergleichen.

Abschließend verdeutlichen die gewonnenen Ergebnisse, dass die im Raum Dresden verwendete Wasseraufwandmenge bei der Nutzung von Penconazol mit 450–500 l/ha in einem akzeptablen Bereich bezüglich der Effizienz des Fungizids zu liegen scheint. Dennoch sollten die oben angeführten Punkte zur lang anhaltenden Sicherung des Bekämpfungserfolges regelmäßig Berücksichtigung finden.

4.4 Auswirkung der Spritztechnik und des Kronenvolumens auf den Mehltaubekämpfungserfolg

Zur optimalen Leistungsentfaltung eines Spritzmittels ist es unerlässlich, dass gerade all jene Regionen der Baumkrone erreicht werden, in denen sich das Pathogen bevorzugt befindet und verbreitet. Im Fall des Apfelmehltaus betrifft dies junge Pflanzenteile wie Blätter, Triebe und Blüten.

In der Spritzmittelapplikation im Raum Sachsen finden vorwiegend zwei Maschinentypen Verwendung. Dabei handelt es sich zum einen um eine Anhängerspritze mit Axialgebläse, wie zum Beispiel die Munckhof Obstbauspritze 16 V, und zum anderen um ein Überzeilengerät GT 280 (Ingenieurbüro Lüttich) mit Pflanzenschutzaufbau und vierreihigem Querstromgebläse (Weber). Bedingt durch ihre Abmessungen benötigen beide

Systeme entsprechend unterschiedlich große Fahrspuren. Traktoren mit Anhängerspritzen erfordern Fahrgassen von bis zu 2 m. Demgegenüber kommen die Weber-Sonderanfertigungen mit sehr schmalen Wegen aus, weil das Führerhaus über den Baumkronen platziert ist. Somit muss lediglich das Fahrgestell und der jeweilige Einzellüfter zwischen den Baumreihen hindurchgeführt werden.

Die Folge dieser unterschiedlichen Platzbedürfnisse spiegelt sich oftmals im Kronendurchmesser der Apfelbäume einer Plantage wider. So hatten die Kronen des das Überzeilengerät nutzenden Betriebes 1 aus Kap. 3.1.5 eine Abmessung von 170 cm x 210 cm [Breite x Höhe], der hingegen mit Traktor und Anhängerspritze arbeitende Betrieb 2 hielt die Kronen mit 120 cm x 220 cm [Breite x Höhe] eher schmal.

Der durchgeführte direkte Vergleich der beiden Techniken mit einheitlicher Spritzfolge über einen Zeitraum von drei Jahren ließ in diesem Fall keine offensichtlichen Unterschiede hinsichtlich der Bekämpfungsleistung in Bezug auf *P. leucotricha* erkennen. Basierend darauf ist abzuleiten, dass beide Methoden prinzipiell dazu befähigen, qualitativ gleichwertige Ergebnisse bezüglich des Ausbringens der Spritzmittel zu erzeugen. Nicht außer Acht zu lassen ist dabei aber dennoch der Umstand, dass beiden Gerätetypen unterschiedliche Applikationstechniken zugrunde liegen. Zur Gewährleistung maximaler Ergebniseffizienz sollten diese Details, durch sorgfältige Einstellung und Nachkontrolle, zwingend Berücksichtigung in der Nutzung finden.

Ein Vorteil der mehrreihigen Sonderanfertigung ist beispielhaft die große Flächenleistung mit einer Arbeitsleistung von bis zu 4 Reihen je Durchfahrt. Die scharfe Begrenzung des Luftstroms reduziert zusätzlich die Applikationsabdrift. Dieser augenscheinliche Vorteil kann jedoch bei nicht exakt begrenzter und eingestellter Bestandshöhe dazu führen, dass Bereiche in den Kronenspitzen unzureichend benetzt werden. In der Folge wird möglichen Infektionen die Option geschaffen, sich so im Bestand auszubreiten (BÄCKER et al. 2011).

Die Sprühgeräte mit offenem Axialgebläse zeichnen sich durch ihre Vielseitigkeit sowohl im niedrigen Kernobst- als auch in hohen Steinobstanlagen aus. Der hohe Ausstoß zieht zwar eine enorme Benetzung nach sich, birgt aber auch ein gesteigertes Abdriftpotenzial. Geeigneter scheinen geschlossene Axialgebläse mit Querstromcharakter zu sein, weil sie gezielt eingestellt werden können. Neuere Untersuchungen zeigten aber auch, dass diese Geräte Defizite in der Verteilungsgenauigkeit aufweisen, was unbedingt einkalkuliert werden sollte (BÄCKER et al. 2011).

Im Gegensatz zu den Applikationstechniken wiesen die unterschiedlich stark geschnittenen Bäume, unabhängig von der Art der Fungizidausbringung, starke Differenzen im sekundären Befall auf. Es stellte sich heraus, dass die Bekämpfung des Pilzes in den schmalen Obstgehölzen des Betriebes 2 einen deutlich höheren Wirkungsgrad erreichte als in den breiteren Bäumen des Betriebes 1. Dieser Effekt verschwand nach Angleichung der Kronenbreite als Folge kontinuierlich durchgeführter Schnittmaßnahmen. Ein ähnliches Bild – erhöhter Bekämpfungserfolg bei schmaleren Kronen – zeichnete sich in der Versuchsanlage (Kap. 3.1.6) im Kießling (Gorknitz) ab. Hier wurden Apfelbäume der Sorte Idared gezielt geschnitten, sodass Kronen mit unterschiedlich großen Durchmessern direkt miteinander verglichen werden konnten. Die erzielten Ergebnisse scheinen auf einer insgesamt gleichmäßigeren und verbesserten Anlagerung der applizierten Fungizide zu beruhen. In Abhängigkeit von der Region im Baum war in der geschnittenen Variante bis zu 50 % mehr Wirkstoff zu finden als in der ungeschnittenen. Dies bestätigten auch die ermittelten Befallswerte für die zugehörigen Kronenbereiche.

Weiterhin untermauern die von CROSS et al. (2001) erhaltenen Befunde in einem Experiment zur Analyse von Sprühablagerungen im Zusammenhang mit der Durchflussrate die hier gewonnenen Eindrücke zusätzlich. Im Vergleich von ebenfalls drei unterschiedlich stark geschnittenen Varianten von Apfelbäumen konnte gezeigt

werden, dass die Durchdringung des Baumes mit der Spritzflüssigkeit bis zum Stamm am schlechtesten bei der breitesten Krone erfolgte.

4.5 Anpassung verschiedener Mehltauisolate an Topas® im Raum Sachsen und Sachsen-Anhalt

Die Fungizidbehandlung ist ein effektives Mittel zur Kontrolle von Pilzkrankheiten.

Entstehende Resistenzen gegen die eingesetzten Präparate beruhen auf der Modifizierung bestimmter Targetproteine auf DNA-Ebene. In der Folge führt dies zu reduzierter bis gar keiner Bindung der verwendeten Wirkstoffe. Dabei sind generell qualitative und quantitative Entwicklungstypen zu unterscheiden. Eine totale Insensitivität gegenüber Strobilurinen kann beispielhaft durch eine einzige Punktmutation im Cytochrom b-Gen hervorgerufen werden.

Im Fall der Azole kommt es hingegen in mehreren Stufen durch das Zusammenwirken vieler mutierter Gene zu einer erhöhten Wirkstofftoleranz. Dies betrifft jedoch vorwiegend den Genlokus von Cyp51. Der Anteil einzelner Gene am Gesamteffekt bei diesen polygenetisch kontrollierten Resistenzen ist in der Regel klein. Ein stark an ein Mittel wie Topas® mit dem Wirkstoff Penconazol angepasster Pilzstamm kann nur durch die Akkumulation vieler mutierter Gene erhalten werden (DE WAARD & VAN NISTELROOY 1990).

Der Mehltau als obligat biotroph lebender Ascomyzet benötigt für seine Entwicklung zwingend lebendes Wirtsgewebe. Somit muss auch das Ermitteln der niedrigsten inhibierenden Wirkstoffkonzentration (MIC: ***M****inimal* ***I****nhibitory* ***C****oncentration*) und der effektiven Konzentrationen (EC_{50} und EC_{98}) auf intaktem Wirtsgewebe, z. B. auf jungen Apfelblättern, erfolgen.

Im Fall der *P. leucotricha*-Isolate konnten zu Beginn der Untersuchungen 2009 im Raum Sachsen 5 verschiede Sensitivitätsklassen ermittelt werden (Tabelle 7). Grundlage der Einteilung war die niedrigste inhibierende Penconazolkonzentration (MIC), wobei der Hauptteil von 76 % aller Isolate eine MIC von 3 mg/l aufwies (Klasse 4). Die übrigen 24 % verteilten sich auf die Klassen 1 bis 3 und 5. Letztere machte mit 2 % den kleinsten Anteil aus.

In den Folgejahren verschob sich dieses Verhältnis derart, dass zunächst 2010 und 2011 die Vertreter der Sensitivitätsklasse 1 und 2012 auch die der Klasse 2 verschwanden. Damit einhergehend verteilte sich der Großteil der Isolate gleichmäßig auf die Klassen 3 und 4.

Ein sprunghafter Anstieg des Anteils an Isolaten der Klasse 5 war nur vorübergehend im Jahr 2010 zu verzeichnen und trat in den Folgejahren nicht wieder in diesem Maße auf.

Eine direkte Übertragung der ermittelten EC- und MIC-Werte auf die Praxis ist rein pauschal nicht möglich. Begründet liegt dies in der deutlichen Diskrepanz zwischen der verwendeten Feldkonzentration von rund 60 mg Penconazol /l und der niedrigsten inhibierenden Konzentration von durchschnittlich 1 bis 3 mg/l. Basierend darauf sollte eine volle Wirkung stets gegeben sein. Die Analyse der zur Sensitivitätsuntersuchung vorbereiteten Blätter ergab, dass 1 mg Penconazol/l in der Arbeitslösung einer Konzentration im Blatt von ~1,7 µg/g Blattmasse entspricht. Untersuchungen an Blättern aus verschiedenen Kronenbereichen der in Tabelle 6 aufgeführten Schnittvarianten zeigten, dass eine Anlagerung von 4 bis 6 µg Penconazol/g Blattmasse

bei geschnittenen Bäumen in den äußeren Bereichen durchaus realisierbar ist. Die ungeschnittenen Varianten weisen eine deutlich schlechtere Anlagerung auf, was sich in der Bekämpfung widerspiegelte.

Dies bedeutet, dass bei einer MIC von 1 bis 3 mg/l Penconazol (1,7 bis 5,2 µg/g Blattmasse) der Hauptteil aller Isolate über einen Zeitraum von 4 Jahren wirkungsvoll bekämpft werden konnte.

Zusammenfassend kann anhand der erhobenen Daten von einem stabilen Anpassungszustand in Sachsen und Sachsen-Anhalt ausgegangen werden. Ein abruptes Abfallen der Sensitivität würde im Fall von *P. leucotricha* den Austausch einer Vielzahl mutierter Gene mit einem Kreuzungspartner benötigen (DE WAARD & VAN NISTELROOY 1990). *P. leucotricha* pflanzt sich jedoch in erster Linie asexuell fort. Bis heute wurde in keiner Anlage im untersuchten Einzugsgebiet eine sexuelle Form nachgewiesen, weshalb das Eintreten dieses Umstandes als eher unwahrscheinlich zu betrachten ist. Berichte aus Indien lassen jedoch die Vermutung zu, dass im Zuge des Klimawandels eine sexuelle Entwicklungsphase auch hier denkbar wäre (URBANIETZ & DUNEMANN 2005).

5 Zusammenfassung

In den sächsischen Obstbaubetrieben sind deutliche Unterschiede im Befall mit dem Echten Apfelmehltau zu verzeichnen. Die wirtschaftliche Bedeutung des Themas wird dadurch deutlich, dass gegenüber Apfelmehltau hoch anfällige Sorten etwa 30 % der sächsischen Apfelanbaufläche ausmachen. Mit der erwarteten Verschiebung der Witterung zu heißeren und trockeneren Abschnitten in der Vegetationsperiode wird das Auftreten von Apfelmehltau begünstigt.

Im Rahmen eines Projektes von 2010 bis 2012 wurden die Ursachen für die Unterschiede im Befall mit dem Echten Apfelmehltau ergründet und ein fundierter Überblick über die Wirkung verschiedener Einflussfaktoren auf die Effektivität der Bekämpfung des Echten Mehltaus am Apfel gewonnen.

Über einen Zeitraum von 4 Jahren wurden aus 9 sächsischen Obstanlagen, in denen Probleme bei der Apfelmehltaubekämpfung auftraten, Proben entnommen und die effektiven Wirkungsdosen des Wirkstoffes Penconazol, einem häufig gegen Apfelmehltau eingesetzten Wirkstoff, im Biotest durch die Fa. EpiLogic, Freising, bestimmt. Die ED98-Werte schwankten zwischen den Jahren und den Obstanlagen. Der Vergleich der Empfindlichkeit aller in den Jahren 2009 bis 2012 getesteten Apfelmehltau-Isolate zeigt eine Verschiebung hin zu höheren minimalen Hemmkonzentrationen von Penconazol. Bei einer Einteilung der Isolate in 5 Sensitivitätsklassen war im Verlauf der Jahre eine Verschiebung zu einer verringerten Sensitivität gegenüber Penconazol festzustellen. Waren 2009 noch 8 % der Isolate in den Klassen 1 und 2 (hohe Sensitivität) und nur 2 % der Proben in der Klasse 5 (geringste Sensitivität), verschoben sich die Anteile dahin, dass 2012 keine Isolate den Sensitivitätsklassen 1 und 2 entsprachen und 8 % in die Klasse 5 eingeordnet wurden. Die zugelassene Feldkonzentration reicht aber aus, um alle Isolate wirkungsvoll zu bekämpfen.

Gegenüber dem Wirkstoff Trifloxystrobin wurde keinerlei Wirkungsminderung festgestellt.

Die Auswertung des Apfelmehltaubefalls in Anlagen mit den Sorten Idared, Pinova und Braeburn zeigte teils erhebliche Befallsunterschiede, welche nicht mit Standort- oder Witterungsfaktoren zu erklären waren. Folglich wurde der Einfluss pflanzenbaulicher Maßnahmen auf den Apfelmehltaubefall untersucht.

Pflanzenbauliche Maßnahmen im Sinne des integrierten Pflanzenschutzes haben entscheidenden Einfluss auf die Wirksamkeit der Fungizidanwendung.

Einen deutlichen Einfluss auf dem Mehltaubefall hat der Mehltauschnitt, d. h. die Verminderung des Infektionsdruckes durch Beseitigung des Inokulums in Form befallener Triebspitzen.

Breite und dichte Baumformen führen zu einem höheren Mehltaubefall, was mit einer geringeren Wirkstoffanlagerung in einzelnen Kronenteilen erklärt werden kann. Die erreichten Wirkstoffanlagerungen unterschreiten teilweise die für eine wirkungsvolle Bekämpfung notwendige Konzentration.

Der Einfluss der Brüheaufwandmenge auf den Bekämpfungserfolg wird durch die Kronendichte beeinflusst. Bei schmalen, locker aufgebauten Kronen hat die Brühemenge keinen Einfluss auf den Bekämpfungserfolg. Der Vergleich unterschiedlicher Applikationstechnik zeigte in der Versuchsanlage keinen Unterschied in der Bekämpfungswirkung.

Der 3-jährige Bekämpfungsversuch zeigt Ansatzpunkte zur wirksameren Apfelmehltaubekämpfung durch Behandlungsfolgen, Wirkstoffkombinationen und neue fungizide Wirkstoffe auf.

Fungizidresistenzen sind also nicht die Ursache für eine teilweise unzureichende Apfelmehltaubekämpfung in sächsischen Apfelanlagen. Entscheidenden Einfluss auf die Verbesserung der Apfelmehltaubekämpfung haben pflanzenbauliche Maßnahmen wie Mehltauschnitt und schmale Kronenformen und nicht eine Intensivierung der Fungizidanwendungen. Mit den Ergebnissen des Projektes wird das integrierte Herangehen an die Apfelmehltaubekämpfung gestärkt.

Literatur

ANDERSON, H. W. (1956): Diseases of fruit crops. Soil Science. 501

BÄCKER, G., KAICHER, R., TRILOF, P. (2011): Sprühgeräte für den Obstbau und für den Einsatz in Alleebaum-Kulturen. KTBL

BLODGETT, E. C. (1941): Rusty spot of peach. Plant Disease Rep. 25:27-28

BÖRNER, H. (2009): Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. Springer-Verlag Berlin Heidelberg

BURCHILL, R. T. (1960): The role of secondary infections in the spread of apple powdery mildew (*Podosphaera leucotricha* (Ell. & Ev.) Salm.). Journal of Horticultural Science. 35, 66 72

BUTT, D. J. (1978): Epidemiology of powdery mildews. In: Spencer DM, ed. The Powdery Mildews. London: Academic Press, 51-81.

BUTT, D. J., MARTIN, K. J. & SWAIT, A. A. J. (1983): Apple powdery mildew: damage, loss and economic injury level. Proceedings of the 10th International Congress of Plant Pathology. Brighton. 1, 184.

BÜTTNER (1994): schriftliche Mitteilung. Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung Gatersleben. Genbank Obst Dresden-Pillnitz. In: KRIEGHOFF (1995): Entwicklung einer In-vitro-Selektionsmethode auf Malus-Genotypen gegenüber *Podospaera leucotricha* (Ell. Et EV) Salm. und In-vitro-Differenzierung von Virulenzunterschieden des Erregers. Dissertation

CROSS, J. V. & BERRIE A. M. (1990): Efficacy of reduced volume and reduced dose rate spray programmes in apple orchards. Crop Protection. 9, 207-217

CROSS, J. V., WALKLATE, P. J., MURRAY, R. A. & RICHARDSON, G. M. (2001): Spray deposits and losses in different sized apple trees from an axial fan orchard sprayer: 2. Effects of spray quality. Crop Protection. 20, 333-343

DE WAARD, M. A. & VAN NISTELROOY, J. G. M. (1990): Stepwise development of laboratory resistance to DMI-fungicides in Penicillium italicum. Netherlands Journal of Plant Pathology. 96, 321-329.

DORUCHOWSKI, G., SVENSSON, S. A. & NORDMARK, L. (1995): Spray Deposit within Apple Trees of Differing Sizes and Geometry at Low, Medium and High Spray Volumes. International Conference on Integrated Fruit Production

DUNCAN, D. B. (1955): Multiple range and multiple F tests. Biometrics. 11, 1-42.

ELLIS, M. A., FERREE, D. C. & SPRING, D. E. (1981): Photosynthesis, transpiration, and carbohydrate content of apple leaves infected by *Podosphaera leucotricha.* Phytopathology. 71, 392-395.

EPPO (1997): Guideline for the efficacy evaluation of fungicides – Podosphaera leucotricha, No. PP 1/69 (2) in Guideline for the efficacy evaluation of Plant Protection Products, 100-102.

FERREE, D. C. & WARRINGTON, I. J. (2003): Apple. CABI Publishing. Wallingford. Großbritannien

FRIEDRICH, G. & RODE, H. (1996): Pflanzenschutz im integrierten Obstbau. 3. neubearbeitete Auflage. Ulmer.

GRUNERT, C. (1980): Methodische Anleitung zur Durchführung von Versuchen mit Pflanzenschutzmitteln und Mitteln zur Steuerung biologischer Prozesse unter Freiland- und Gewächshausbedingungen. 6-2.11

HARAMOTO, M., YAMANAKA, H., HOSOKAWA, H., SANO, H., SANO, S. & OTANI, H. (2006A): Fungicidal activities of cyflufenamid against various plant-pathogenic fungi. Journal of Pesticide Science. 31, 95-101.

HARAMOTO, M., YAMANAKA, H., HOSOKAWA, H., SANO, H., SANO, S. & OTANI, H. (2006B): Control efficacy of cyflufenamid in the field and its fungicidal properties. Journal of Pesticide Science. 31, 116-122.

JANKOVICS, T., DOLOVAC, N., BULAJIĆ, A., KRSTIĆ, B., PASCAL, T., BARDIN, M., NICOT, P. C. & KISS, L. (2011): Peach rusty spot is caused by the apple powdery mildew fungus, Podosphaera leucotricha. Plant Disease. 95, 719-724.

KABLE, P. F., FRIED, P. M. & MACKENZIE, D. R. (1980): The Spread of Powdery Mildew of Peach. Phytopathology. 70, 601-604.

KUHMANN, F. & SCHRADER, E. (2010): Fluopyram: Ein neuer fungizider Wirkstoff für den Weinbau. Julius-Kühn-Archiv. 428, 320.

MUNZERT, M. (1992): Einführung in das pflanzenbauliche Versuchswesen. Berlin, Hamburg Parey

PALM, G. & KRUSE, P. (2010): Der Apfelmehltau – Möglichkeiten und Grenzen der mechanischen und chemischen Bekämpfung. Mitteilungen OVR 65, 148-151.

REUVENI, M. (2000): Efficacy of trifloxystrobin (Flint), a new strobilurin fungicide, in controlling powdery mildews on apple, mango and nectarine, and rust on prune trees. Crop Protection. 19, 335-341

RIES, S. M. & ROYSE, D. J. (1978): Peach rusty spot epidemiology: incidence as affected by distance from a powdery mildew infected apple orchard. Phytopathology. 68, 896-899

SMITH, I. M., DUNETH, J., ELLIOTT, R. A., PHILLIPS, D. H. & ARCHER, S. A. (1988): European handbook of plant diseases. Blackwell Scientific Publications, Oxford, Großbritannien.

URBANIETZ, A.& DUNEMANN, F. (2005): Isolation, identification and molecular characterization of physiological races of apple powdery mildew (Podosphaera leucotricha). Plant Pathol. 54, 125-133.

WICKS, T., EMMETT, R. & ANDERSON, C. A. (1997): Integration of DMI fungicides and sulfur for the control of powdery mildew. Australian and New Zealand Wine Industry Journal 12, 280–282.

XU, X. M. (1999): Modelling and forecasting epidemics of apple powdery mildew (Podosphaera leucotricha). Plant Pathology. 48, 462-471

XU, X. M. & BUTT, D. J. (1998): Effects of temperature and atmospheric moisture on the early growth of apple powdery mildew (Podosphaera leucotricha) colonies, European Journal of Plant Pathology. 104, 133-140

Herausgeber:
Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden
Telefon: +49 351 2612-0
Telefax: +49 351 2612-1099
E-Mail: lfulg@smul.sachsen.de
www.smul.sachsen.de/lfulg

Autor:
Christian Kröling
Abteilung Gartenbau/Referat Obst-, Gemüse- und Weinbau
Lohmener Str. 12, 01326 Dresden
Telefon: +49 351 2612-8111
Telefax: +49 351 2612-8299
E-Mail: Christian.Kroeling@smul.sachsen.de

Redaktion:
Dr. Alfred Trapp
Abteilung Landwirtschaft, Referat Pflanzenschutz
Lohmener Str. 12, 01326 Dresden
Telefon: +49 351 2612-7317
Telefax: +49 351 2612-7399
E-Mail: Alfred.Trapp@smul.sachsen.de

Redaktionsschluss:
27.02.2014

ISSN:
1867-2868

Hinweis:
Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter https://publikationen.sachsen.de/bdb/ heruntergeladen werden.

Verteilerhinweis
Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben.
Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.
Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.
Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.