

## Kupferminimierungsstrategien im ökologischen Obstbau

Die Bekämpfung des Apfelschorfes (*Venturia inaequalis*) ist in den Obstbaubetrieben, die nach ökologischen Richtlinien wirtschaften, von zentraler Bedeutung. Ziel der Beratung und der Obstproduzenten ist es, die bestehenden Verfahren zu optimieren, um mit möglichst geringem Einsatz von Kupfer eine effektive Schorfregulierung zu erreichen.

Durch Versuche konnte bereits bewiesen werden, dass die Anzahl der Applikationen auch im ökologischen Anbau durch gezielte Schorfbekämpfung nach Prognosemodellen mit CURATIO reduziert werden kann. Ebenfalls konnten in Versuchen mit niedrigen Kupferdosierungen mit der neuen Generation der Kupferhydroxidpräparate gute Bekämpfungserfolge verzeichnet werden.

### Basis der Kupferminimierung

Die Basis der Kupferminimierung bei der Apfelschorfbekämpfung im ökologischen Obstbau bestimmen mehrere Faktoren, die die Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Bekämpfungsstrategie darstellen:

#### • Standortwahl

Die Standortwahl ist durch die Lage der Betriebsflächen größtenteils vorgegeben. Aber auch innerhalb der einzelnen Flächen kann ein unterschiedliches Mikroklima herrschen. Wenn die Möglichkeit besteht, sollten Parzellen mit Äpfeln bepflanzt werden, die nach einem Regenschauer aufgrund ihrer Lage ein zügiges Abtrocknen des Bestandes ermöglichen. Nach einem Regenereignis ist die Länge der Blatthfeuchte entscheidend, ob die in der Primärschorfsaison ausgeschleuderten Ascosporen zu einer Schorfinfektion führen. Daher kommt es bei Parzellen, die an Bachläufen oder Senken liegen, durch eine höhere und längere Blatthfeuchte zu günstigeren Infektionsbedingungen, die zu stärkeren und häufigeren Schorfinfektionen führen.

#### • Pflanzenbauliche Maßnahmen

Hierzu zählen alle Maßnahmen, die zu einem harmonischen Wachstum und somit zu einem "ruhigen Baum" führen. Dadurch kommt es nach einem Regenereignis zu einem besseren

Abtrocknen des Bestandes und somit zu einer kürzeren Infektionsphase. Die dem Standort angepasste Sorten- und Unterlagenkombination ist entscheidend für das spätere Wachstum und besitzt indirekt somit auch einen Einfluss auf den Schorfbefall. Ein früher Triebabschluss führt zu einem deutlich geringeren Spätschorfbefall. Fehler bei den Schnittmaßnahmen im Sommer, die zu einem Neuaustrieb führen, erhöhen den Schorfbefall.

#### • Schorffresistente, schorfbuste Sorten

Mit der angepflanzten Sorte wird bereits die erforderliche Intensität und das Risiko der Produktion festgelegt. Momentan sind nur wenige robuste Apfelsorten auf dem Markt, die gleichzeitig die Anforderungen der Produzenten, des Handels und der Verbraucher erfüllen. Die Fördergemeinschaft ökologischer Obstbau e.V. (FÖKO) bemüht sich um einen intensiven Austausch mit Züchtern und Sortenprüfern, um neben den bereits etablierten schorffresistenten Sorten wie z. B. 'Topaz' weitere Sorten in den Anbau einzuführen. Durch die Initiative des Arbeitskreises Sorten und Züchtung der FÖKO, dem Obstproduzenten, Berater und Sortenprüfer angehören, ist es gelungen, die neue schorffresistente Apfelsorte 'NATYRA'® bis 2017 für den ökologischen Obstbau exklusiv zu sichern. Erst ab 2017 darf die Sorte unter einem anderen Namen auch im konventionellen Anbau angebaut und vermarktet werden. Weitere Sorten sollen in den nächsten Jahren folgen. Bedingt durch einen flächendeckenden Schorfdurchbruch bei den vf-resistenten Sorten in allen deutschen Anbaubereichen im Jahr 2013 ist eine gewisse Unsicherheit

entstanden. Die Einführung weiterer schorffresistenter Sorten, bei denen die Schorffresistenz nur auf einem Gen beruht, wie es bei der vf-Resistenz der Fall ist, ist zukünftig unsicher. Daher ist es wichtig, Sortenzüchtungsprogramme mit dem Ziel der polygenen Resistenz zu fördern und zu unterstützen.

#### • Phytosanitäre Maßnahmen

Hierzu zählen alle Maßnahmen, die das potentielle Ascosporenpotential in der Apfelanlage reduzieren. Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Schorfbekämpfung ist ein niedriges Ascosporenpotential im Frühjahr. Besonders in Jahren nach starkem Schorfbefall ist eine Reduzierung des Ascosporenpotentials sehr wichtig. Dies kann durch gezielte phytosanitäre Maßnahmen, wie z. B. Blattdüngung nach der Ernte im Herbst mit stickstoffhaltigen Düngern (z. B. Aminosol PS, Vinasse, Melasse), Häckseln des Falllaubes nach dem Blattfall erreicht werden. Alle diese Maßnahmen führen zu einer deutlichen Reduzierung des Ascosporenpotentials und somit zu einem geringeren Schorfdruck. Weiterhin lassen sich die im Frühjahr noch vorhandenen Blätter mit einem Laubsauger aus der Obstanlage entfernen [1][2]. Durch das Entfernen des Falllaubes mit dem Schorfinokulum, kann sich der Wirkungsgrad bei allen durchzuführenden Schorfbekämpfungen während der Vegetation erhöhen.

#### • Prognosemodelle

Bei Betrachtung der Lebensweise des Schorfpilzes ist ersichtlich, dass nicht alleine die schorffreien Äpfel im Herbst Aufschluss über die Effektivität der jährlichen Schorfbekämpfung geben. Vielmehr kann durch eine Kontrolle des Blattschorfbefalls nach der Ernte eine Aussage über den Bekämpfungserfolg getroffen werden. Der Beginn des Schorfbefalls fängt bereits mit dem herbstlichen

Blattfall an. Über die Wintermonate findet im abgefallenen Blatt die geschlechtliche Phase statt, deren Endprodukt das Perithecium mit Sporenschläuchen und den darin enthaltenen Ascosporen ist. Das Ausschleudern der nach und nach reifenden Ascosporen wird im Frühjahr durch Regen ausgelöst und erstreckt sich über einen Zeitraum von ca. zwei Monaten. Ascosporen, die auf eine Wirtspflanze gelangen, können unter günstigen Witterungsbedingungen (Temperatur, Blattnässe) keimen und dringen mit ihrer Keimhülle in das junge Gewebe ein. Nach erfolgter Infektion entsteht an der Eindringstelle ein Schorffleck. Der Zeitraum, in dem die Ascosporen ausgeschleudert werden, wird Primärschorfphase genannt. Im Rahmen von intensiven Untersuchungen durch MILLS Anfang bis Mitte des 20. Jahrhunderts wurde in der sogenannten Mills-Tabelle erstmals ein detaillierter Zusammenhang der Parameter Temperatur und Blattnässedauer dargestellt. Anhand der Tabelle kann abgelesen werden, wie lange das Apfelblatt nach einem erfolgten Ascosporenausstoß bei einer bestimmten Temperatur nass sein muss, damit eine Infektion erfolgt. Auf Grundlage dieser Berechnungen beruhen unsere heutigen Schorfprognosemodelle [Grafik 1]. Anhand solcher Programme können gezielte Applikationen in das Keimungsfenster des Schorfpilzes vorgenommen werden. Somit lässt sich die Effektivität der durchgeführten Maßnahme deutlich erhöhen und die Anzahl der notwendigen Schorbbehandlungen deutlich reduzieren.

#### Direkte Maßnahmen

Ziel ist es, den Eintrag von Kupfer auf landwirtschaftlichen Nutzflächen deutlich zu verringern. Ein Teil der Gesamtstrategie zur Reduzierung des Kupfereintrags ist die Prüfung der direkten Maßnahmen.

In dem vom Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen der nachhaltigen Landwirtschaft gefördertem

Projekt "Weiterentwicklung einer Strategie zur Reduzierung bzw. Substitution des Kupfereinsatzes bei der Apfelschorfbekämpfung im ökologischen Obstbau", wird an fünf Versuchsstandorten (Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinland, Klein-Altendorf; Öko-Obstbau Norddeutschland, Jork; Kompetenzzentrum Obstbau Bodensee, Bavendorf; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden-Pillnitz; Bio-Protect GmbH, Konstanz) mit dem Ziel der Entwicklung einer sicheren Schorfbekämpfungsstrategie geforscht, die im Laufe der Schorfsaison auf kupferfreie oder kupferminimierte Präparate zurückgreift. [Grafik 2]

Bevor ein Freilandversuch erfolgt, werden die Alternativprodukte und deren Kombinationen auf ihre Effizienz bei der Bekämpfung des Schorfpilzes hin untersucht. Hierzu dient das bei der Firma Bio-Protect GmbH in Konstanz etablierte in-vivo Testsystem. Erfolg versprechende Präparate werden dann im nächsten Schritt unter Freilandbedingungen an mehreren Standorten auf ihre Wirksamkeit getestet.

#### Laborversuche

Während der Projektlaufzeit wurden 59 Präparate sowie 25 Mischungen zu verschiedenen Einsatzzeitpunkten, protektiv, in die Keimungsphase und kurativ, getestet. Weiterhin wurden einige Präparate auf ihre Regenfestigkeit bei verschiedenen Regenintensitäten geprüft. Insgesamt wurden 799 Versuche durchgeführt. Im Jahr 2014 wurde eine Kalkmilchlösung (Calciumhydroxid) auf ihre Wirkung gegen den Schorfpilz untersucht. Bei dem Applikationstermin ins Keimungsfenster zurzeit der Sporenkeimung wurde mit einem Wirkungsgrad von 94 % die beste Wirkung erzielt. Die Kalkmilchlösung zeigte eine gute Wirkung, sodass 2015 weiterführende Freilandversuche durchgeführt werden. Bei *Saccalia* (Staudenknotterich) konnte keine Wirkung auf den Schorfpilz festgestellt werden. Die neue



[1] Blattschorf



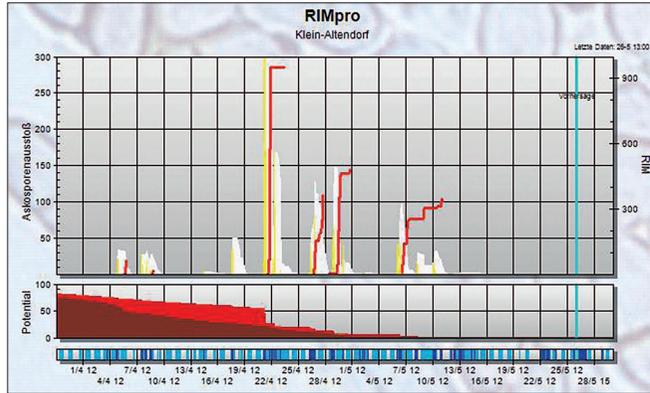
[2] Laubsauger am Beispiel der Maschine "Emma"



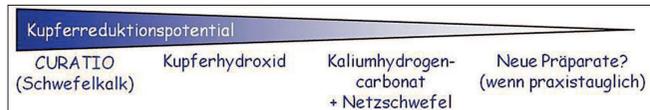
[3] 'Gala' Sonnenseite ohne Schorfbefall



[4] 'Gala' Schattenseite mit Spätschorfbefall in kupferfreien Variante



Grafik 1: RIMpro Schorfprognosemodell



Grafik 2: Kupferreduktionspotential (abfallende Reduktion): Erreichte Kupferreduktion

Behandlung	Regenmenge					Befall Mittelwert	± Stabw.	Wirkungsgrad [%]
	zur Beh.	1h nach Beh.	2h nach Beh.	4h nach Beh.	17h nach Beh.			
unbehandelt						32,7	34,0	
Schwefelkalk (1,5%)						0,4	1,1	98,7
Schwefelkalk (1,5%)	15 mm					7,5	12,5	77,1
Schwefelkalk (1,5%)		15 mm				4,7	5,6	85,5
Schwefelkalk (1,5%)			15 mm			3,1	6,2	90,4
Schwefelkalk (1,5%)				15 mm		5,4	7,8	83,5
Schwefelkalk (1,5%)					30mm			99,8
Schwefelkalk (1,5%)	1 mm Niesel					4,2	8,9	87,1
Schwefelkalk (1,5%)	3 mm Niesel					4,4	10,3	86,6
Schwefelkalk (1,5%)	5 mm Niesel					3,1	5,7	90,5

Tabelle 1: Versuche mit CURATIO unter Laborbedingungen, Quelle: Dr. Stefan Kunz, Malin Hinze, Bio-Protect GmbH, Konstanz

Präparat	Konzentration [%]	protektiv -18h	protektiv -18h danach 30 mm Regen	protektiv -2h	Stopp 5h	Stopp 5h im Regen	kurativ 24h nass	kurativ 24h trocken	kurativ 48h trocken
CURATIO (Schwefelkalk)	1,5	100	100	97	100	100	86	67	58

Tabelle 2: Wirksamkeit von CURATIO gegen Apfelschorf unter Laborbedingungen; Quelle: Dr. Stefan Kunz, Malin Hinze, Bio-Protect GmbH, Konstanz

Kupferformulierung CuCaps (mikroverkapseltes Kupfer (Kupferhydroxid)) wirkt bis 100g Cu/ha stabil und ist regenfest, niedrigere Konzentrationen sind instabiler.

Bei der Überprüfung einer möglichen Tankmischung aus Kupferhydroxid (Cuprozin progress, Funguran progress) mit einem Kaliumhydrogencarbonat (VitiSan) zeigte sich, dass die Wirkung vom Kupfer durch das Kaliumhydrogencarbonat reduziert wurde. Daher sollte zur Schorfbekämpfung diese Tankmischung nicht zum Einsatz kommen.

Freilandversuche

In den Freilandversuchen wird getestet, inwieweit mit Alternativpräparaten eine verlässliche Wirkung gegen den Schorfpilz erzielt werden kann. Hieraus werden Praxisvarianten entwickelt, die aus der Kombination mehrerer Präparate bestehen. Diese werden dann in der jeweiligen Witterungssituation zum optimalen Applikationszeitpunkt eingesetzt. Hierbei erfolgen die Applikationen unter besonderer Berücksichtigung von Schorfprognosemodellen.

In der Primärschorfphase 2014 wurde eine weitere Reduzierung der eingesetzten Kupferaufwandmenge bei Cuprozin progress um 20% gegenüber der zugelassenen Mittelaufwandmenge in mehreren Versuchen überprüft. Hierbei zeigte sich, dass die Reduzierung der eingesetzten Kupferaufwandmenge in allen durchgeführten Versuchen zu einem deutlichen Mehrbefall führte. Auch in den Versuchen, in denen ganz auf den Einsatz von Kupfer bei der Schorfbekämpfung verzichtet wurde, wurde im Laufe der Sekundärschorfphase ein deutlich höherer Spätschorfbefall ermittelt

[18][4]. Dabei zeigte sich, dass durch die regenreichen Monate Juli und August ein regenstabiles Mittel, wie Kupfer, bei der Schorfbekämpfung bislang unerlässlich ist.

Versuche mit CURATIO

CURATIO (Schwefelkalk) ist ein zuverlässiges Präparat zur Bekämpfung von Apfel- und Birnenschorf. Seit Mitte der 90er Jahre wird es in Deutschland eingesetzt und stellt eine wesentliche Säule in der Kupferminimierungsstrategie dar. Wie aus den durchgeführten Laborversuchen ersichtlich ist, erreicht CURATIO protektiv und als Stoppspritzung in die Keimungsphase eingesetzt einen sehr hohen Wirkungsgrad (Tab.2). Auch konnte die bereits in der Literatur der 30er bis 40er Jahre beschriebene kurative Wirkung bei den Untersuchungen bestätigt werden. Jedoch reicht diese Wirkung für eine erfolgreiche Schorfbekämpfung alleine nicht aus. Daher wird seit Jahren der Einsatz von CURATIO zur Schorfbekämpfung vorwiegend in das Keimungsfenster praktiziert.

In Freilandversuchen während der Primärschorfphase, in denen ausschließlich CURATIO in das Keimungsfenster eingesetzt wurde, wurden am Standort DLR Rheinpfalz in Klein-Altendorf ab 1998 bis heute gute Bekämpfungserfolge erzielt. So wurde beim Schorfbefall an den Rosettenblättern im Mittelwert der Versuchsjahre ein Wirkungsgrad von 94,3% erzielt. Beim Schorfbefall der Blätter der Langtriebe betrug der Wirkungsgrad 83,7% und beim Fruchtschorf 81,6% erzielt. Durch Kombinationsstrategien, in denen zur Soloanwendung von CURATIO ins Keimungsfenster zusätzlich noch protektive Behandlungen mit Kupferpräparaten oder Netzschwefel sowie kurative Behandlungen mit Netzschwefel und Kaliumhydrogencarbonaten in Tankmischung erfolgten, konnte der Schorfbefall fast gänzlich unterbunden werden. Der Einsatz von CURATIO während der Keimungsphase erfolgt häufig auf das nasse Blatt oder sogar während des

Niederschlags und selten auf das abtrocknende oder trockene Blatt. Hieraus ergab sich die Fragestellung, inwieweit eine ausgebrachte CURATIO-Applikation während der Keimungsphase noch Wirkung auf zukünftige Infektionen besitzt. Um mehr Sicherheit bei der Anwendung von CURATIO zu erhalten wurden verschiedene Szenarien unter Laborbedingungen simuliert.

Hierbei wurden zeitlich verschiedene Niederschlagsereignisse mit einer Regenmenge von 15 mm bzw. 30 mm nach der erfolgten Applikation verglichen. Ersichtlich ist, dass die besten Wirkungsgrade bei den Varianten erreicht wurden, bei denen der Belag antrocknen konnte (Tab.1). So wurde bei der Variante CURATIO ohne Beregnung ein Wirkungsgrad von 98,7% erzielt und 99,8% Wirkungsgrad bei der Variante mit 30 mm Niederschlag 17 Stunden nach der erfolgten Applikation. Bei allen anderen Varianten, in denen der Belag nicht ausreichend antrocknen konnte, lag der Wirkungsgrad deutlich unter den zwei Varianten mit angetrocknetem Belag. Die gewonnenen Ergebnisse aus der Labortestung konnten 2014 in einem Freilandversuch bestätigt werden. Auch hier wurden die besten Wirkungsgrade in den Varianten erzielt, in denen der Spritzbelag nach erfolgter Applikation antrocknen konnte.

Viele Faktoren üben einen Einfluss auf das Antrocknen eines Spritzbelages aus. Neben der Blattbeschaffenheit, Blattmasse, Baumgröße usw. besitzt die relative Luftfeuchte einen erheblichen Einfluss. In dem dargestellten Versuch, der unter kontrollierten Bedingungen im Gewächshaus stattfand, betrug die relative Luftfeuchte kontinuierlich 80% bis 85%. Jedoch zeigen die Ergebnisse, dass der Einsatz von CURATIO in das Keimungsfenster den höchsten Wirkungsgrad erzielt. Sollte anschließend nach erfolgter Applikation der Belag nicht antrocknen können, ist für eine nachfolgende Infektion nur noch eine begrenzte Wirkung zu erwarten.

Bisheriges Fazit

Aus den gewonnenen Erkenntnissen, in denen direkte Maßnahmen zur Schorfbekämpfung verglichen werden, kann bis jetzt folgendes Fazit bei der Kupferminimierungsstrategie gezogen werden:

- Alternativprodukte zeigen eine gute Wirkung in der Labortestung, fallen aber häufig unter Freilandbedingungen deutlich ab (Regenbeständigkeit, UV-Stabilität usw.).
- CURATIO in das Keimungsfenster appliziert, erweist sich als die effektivste und zuverlässigste Möglichkeit der Kupferreduzierung.
- CURATIO muss nach der Applikation antrocknen können, damit auch noch eine Wirkung für zukünftige Infektionen besteht.
- Kaliumhydrogencarbonate können in Kombination mit Netzschwefel, je nach Witterungsbedingungen, eine zusätzliche Möglichkeit in der Apfelschorfbekämpfung darstellen.
- Auch beim Einsatz von niedrigen Kupfermengen (150-300 g Reinkupfer) vor der Blüte ist ein positiver Effekt bei der Reduzierung des Schorfbefalls ersichtlich.
- Eine deutliche Kupferreduzierung konnte bei der Apfelschorfbekämpfung durch die neue Generation von Kupferpräparaten in der Form von Kupferhydroxid erzielt werden.
- Eine weitere Reduzierung der Kupferaufwandmenge bei Cuprozin progress um 20% der zugelassenen Mittelaufwandmenge führte zu einem deutlichen Befallsanstieg.
- Tankmischungen aus Kaliumhydrogencarbonat und Kupfer reduzierte den Wirkungsgrad von Kupfer.
- Während der Sekundärschorfphase werden regenstabile Präparate zur Schorfbekämpfung benötigt.
- Der Einsatz des sauren Gesteinsmehls Myco-Sin (pH-Wert 3,8) führte in allen Versuchen bei der Sorte 'Pinova' zu einer deutlichen Reduzierung des Gloeosporiumbefalls und trägt somit zur Kupferreduktion bei.

