

Was lässt sich aus der Infektionsbiologie der Regenfleckenpilze für die Regulierung ableiten?

Seit mindestens 25 Jahren gehört die Regenfleckenkrankheit zu den wichtigsten Pilzkrankheiten im ökologischen Apfelanbau Mitteleuropas – Tendenz steigend. Obwohl eine befallene Frucht physiologisch gesund ist und im Verzehr unbedenklich bleibt, werden in der Vermarktung strenge Kriterien angelegt. Dadurch können in starken Befallsjahren gerade in niederschlagsreichen Regionen wie dem Bodenseegebiet hohe Ausfallraten von zehn bis 25 Prozent der Ware entstehen, gelegentlich sogar mehr. Im Rahmen einer langjährigen Forschungskooperation zwischen dem KOB und der Esteburg wurden viele Erkenntnisse zur Biologie sowie zur Regulierung der Regenfleckenkrankheit gewonnen. In diesem Artikel haben wir den aktuellen Wissensstand zur Biologie kompakt zusammengefasst. Aus der Biologie lassen sich bereits Maßnahmen zur indirekten Regulierung ableiten. In einem Folgeartikel widmen wir uns der direkten Befallsregulierung.

Regenflecken – womit haben wir es zu tun?

In der Literatur sind weltweit mehr als 100 Arten von Pilzen beschrieben, die Regenfleckenbeläge bilden. Auch in einem mehrjährigen Monitoring an Früchten aus offenen, das heißt langjährig unbewirtschafteten Anlagen, und aus ökologisch bewirtschafteten Anlagen in den Regionen Bodensee und Niederelbe spiegelte sich diese hohe Artenvielfalt wider. Von den insgesamt 19 nachgewiesenen Arten waren zwölf in der Wissenschaft bis dato noch unbekannt. Allerdings traten in intensiv wirtschaftenden Öko-Betrieben nur wenige Arten auf. Hierzu gehören die Regenfleckenpilze *Peltaster cerophilus*, *Cyphelophora sessilis* und *Microcyclosporella mali* sowie der Fliegenschmutzpilz *Schizothyrium pomi*. Von herausgehobener Bedeutung im ökologischen Erwerbsobstbau beider Anbaugebiete ist *P. cerophilus* [Abb. 1], auf dessen Konto 75 bis 80 Prozent der Regenfleckenbeläge gehen. Die Kenntnis der Biologie von *P. cerophilus* ist somit derzeit der Schlüssel zur Regulierung der Krankheit im deutschen Obstanbau. Grund genug für uns, diesen Pilz näher zu erforschen.

Die Infektionsbiologie von *P. cerophilus*

Nach allem, was wir wissen, vermehrt sich *P. cerophilus* ausschließlich asexuell durch Konidien. Sie werden in flachen Fruchtkörpern gebildet, die in den Regenfleckenbelag eingebettet sind [Abb. 2].

Von dort aus erfolgt ihre Verbreitung über kurze Distanzen in kleinen Wassertropfchen oder durch Auswaschung im Wasserfilm. Im Gegensatz beispielsweise zu den Ascosporen des Schorfpilzes werden die Konidien nicht zu bestimmten Zeiten, sondern ganzjährig freigesetzt. Zu dieser Erkenntnis führten Köderversuche mit Wachspapier [Abb. 3]. Verblieb dieses ab Ende November für elf Monate in den Bäumen, wurde am Ende dieser Zeit eine weitaus stärkere Besiedlung durch *P. cerophilus* registriert als in Proben, die erst ab März oder Mai aufgehängt worden waren. Darüber hinaus verdeutlicht die Bildung von Regenflecken auf Wachspapier, dass *P. cerophilus* zur Besiedlung keine speziellen Nährstoffe, sondern lediglich eine geeignete Oberfläche benötigt. Somit kann auch die Frucht nicht das biologische Hauptziel von *P. cerophilus* sein. Dies bestätigen die vielen Nachweise von *P. cerophilus* und anderen Regenflecken-



Abb. 1: Durch *Peltaster cerophilus* verursachter Regenfleckenbelag an 'Elstar' an der Niederelbe

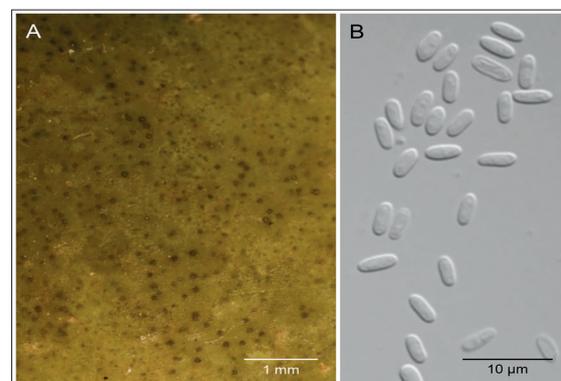


Abb. 2: Asexuelle Fortpflanzung bei *Peltaster cerophilus*: (A) Dichtgesäte Fruchtkörper im Regenfleckenbelag, (B) Konidien



Abb. 3: Regenfleckenbeläge durch *Peltaster cerophilus* auf Wachspapier, welches zu den angegebenen Zeitpunkten in eine stark befallene 'Topaz'-Anlage am KOB Bavendorf gehängt und am 31.10.2011 wieder eingesammelt wurde



Abb. 4: *Peltaster cerophilus* an Fruchtmumien der Sorte 'Dalinbel' im November 2015

pilzen an verschiedenen Organen anderer Wirtspflanzen wie Kürbis, Brombeeren, Birnen oder Heidelbeeren. Sogar diverse Heckenpflanzen wie Esche, Hartriegel und Weißdorn können durch *P. cerophilus* besiedelt werden.

In unseren Studien zum Befallsaufbau bildete sich der früheste Befall oft an Früchten in unmittelbarer Nähe von Fruchtmumien. Die Rolle der vorrangig im Junifruchtfall gebildeten Mumien als Überwinterungsquartiere geht auch aus anderen Beobachtungen hervor. Im Spätherbst ist *P. cerophilus* an den noch grünen, aber bereits abgestorbenen Mumien gut zu erkennen [Abb. 4]. Zudem ließ sich in Laborversuchen an reifen Äpfeln ein Regenfleckenbefall durch *P. cerophilus* dadurch erzeugen, dass überwinterte Fruchtmumien, die aus einer Öko-Anlage stammten, oberhalb einer befallsfreien Frucht angebracht und in einer Feuchtechamber täglich mit Wasser besprüht wurden. Mehr noch: Das Entfernen der Fruchtmumien an entsprechenden Sorten erbrachte an der Niederelbe bei geringem Infektionsdruck eine signifikante Befallsreduktion. Bei dem erhöhtem Befallsdruck der Versuchsanlagen am Bodensee war dieser Ansatz leider nicht erfolgreich. Eine weitere prädestinierte Stelle für ein frühzeitiges und vermehrtes Auftreten von Regenflecken ist die Berührungsfläche zwischen zwei aneinanderhängenden Früchten. Diese feuchten und vor fungiziden Behandlungen geschützten Nischen gilt es durch das Einzelstellen

der Früchte im Rahmen einer Handausdünnung möglichst zu vermeiden.

Wie kommt es, dass Sporen zwar ganzjährig freigesetzt werden, erste Symptome auf den Früchten aber nicht vor Mitte Juni zu finden sind? In der Literatur wird die Infizierbarkeit der Früchte etwa ab dem Walnuss- bzw. T-Stadium beschrieben und mit der dann beginnenden Bildung von Exsudaten auf der Fruchtoberfläche als potenzielle Nährstoffe für Regenfleckenpilze in Zusammenhang gebracht. Demnach wäre die Ausprägung von Regenfleckensymptomen an ein bestimmtes Fruchtstadium gebunden. Die ganzjährige Besiedlung von Wachspapier widerspricht dieser Annahme. In einem weiterführenden Versuch bildeten sich Regenflecken schon an jungen Früchten im Haselnuss-Stadium (rund 25 mm Durchmesser), die wir von den Bäumen entfernt und in dauerfeuchten Bedingungen im hohen Gras außerhalb der Anlage inkubiert hatten. Dieser Zeitpunkt lag mehrere Wochen früher als das Auftreten der ersten Symptome am Baum. Die Tatsache, dass erste Symptome in der Regel nicht vor Mitte Juni auf den Früchten sichtbar werden, liegt somit in der langen Inkubationszeit an den Bäumen und nicht im Fruchtstadium selbst begründet. Es ist plausibel, dass die Frucht schon kurz nach der Blüte empfänglich für die Infektion durch *P. cerophilus* ist. Ergebnisse aus einem Versuch mit unterschiedlichen Behandlungsintensitäten im Frühjahr unterstreichen das Zustandekommen von relevanten Infektionen

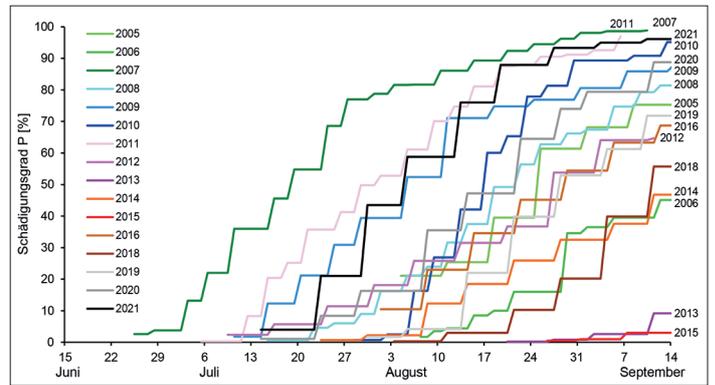


Abb. 5: Symptomaufbau, dargestellt als Schädigungsgrad in einer unbehandelten 'Topaz'-Parzelle am KOB Bavendorf in den Jahren 2005 bis 2021. Im Jahr 2017 konnten wegen des zu geringen Behangs keine Messungen durchgeführt werden.

bereits während der Primär-Schorfsaison. In vier Versuchsjahren wies eine im Zeitraum zwischen Austrieb und ca. Mitte Juni reduziert mit Fungiziden behandelte Variante regelmäßig einen höheren Anteil befallener Früchte sowie ein insgesamt höheres Befallsniveau auf als die intensiver gegen Schorf behandelte Vergleichsvariante.

Dynamik des Befallsaufbaus

P. cerophilus besitzt eine polyzyklische Infektionsbiologie, die in einer Saison mehrere Generationen von konidienbildenden Fruchtkörpern hervorbringt. Diese Eigenschaft spiegelte sich in der Befallsentwicklung einer unbehandelt gebliebenen 'Topaz'-Parzelle am KOB Bavendorf wider [Abb. 5]. Je nach Witterung begann der sichtbare Befall zu völlig unterschiedlichen Zeiten (zwischen Ende Juni und Ende August), nahm aber danach in Abhängigkeit der jährlichen Witterung mehr oder weniger linear zu. In der Mehrzahl der Jahre zeigte sich dabei auch ein Zusammenhang zwischen dem zeitlichen Auftreten der ersten Symptome und der Höhe des Befalls zur Ernte: Je früher die ersten Symptome, desto höher der Endbefall.

Sowohl das zeitliche Auftreten der ersten Symptome als auch die weitere Befallsentwicklung werden direkt von den Feuchtebedingungen beeinflusst, insbesondere von mehr als vierstündigen Nässephasen. Daten aus Nordamerika zeigen für verschiedene Regenfleckenpilze, dass die ersten sichtbaren Flecken nach durch-

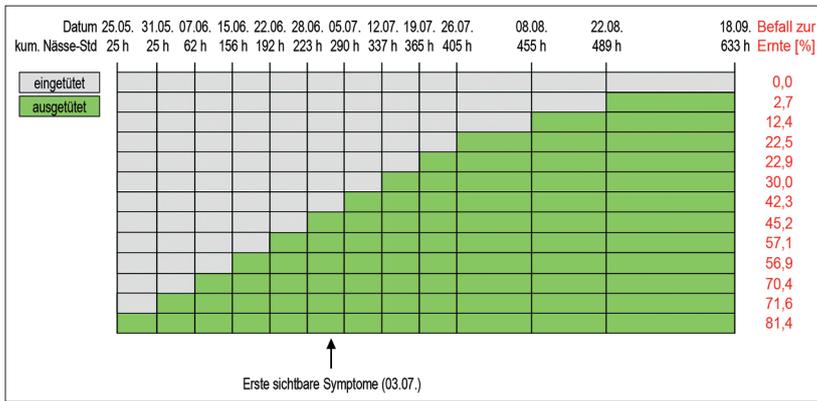


Abb. 6: Auswirkung des Schutzes von Früchten durch Eintüten in Wachspapier an 'Topaz'-Bäumen (KOB Bavendorf) in der Saison 2012

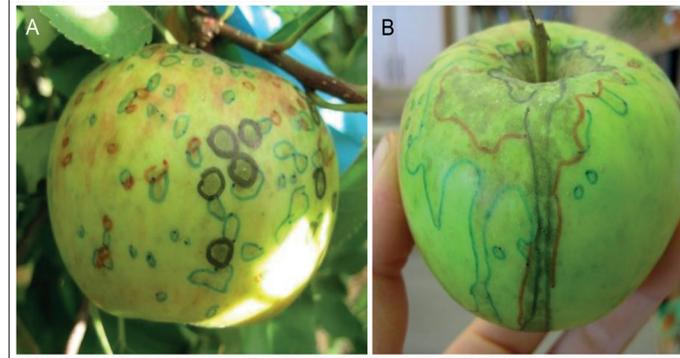


Abb. 7: Bildung von Regenflecken bei Taufeuchte (links) oder Beregnung (rechts). Die zu Versuchsbeginn sichtbaren Flecken sind schwarz markiert, die neu hinzugekommenen Flecken rot und blau.

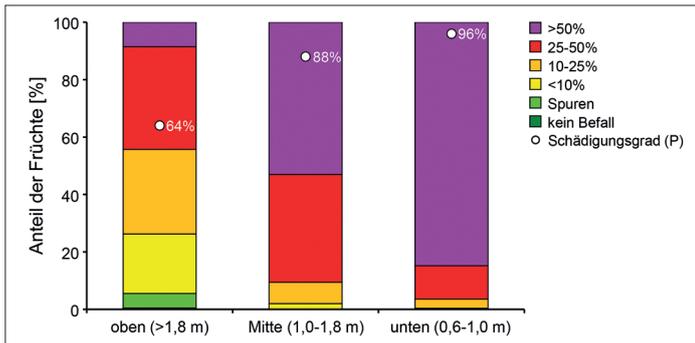


Abb. 8: Regenfleckenbefall am KOB Bavendorf 2021 an der Sorte 'Topaz' (unbehandelt) in Bezug auf die Position der Frucht im Baum

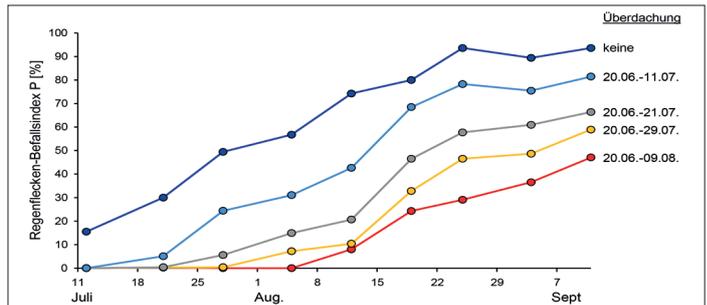


Abb. 9: Auswirkung der Überdachung auf die Befallsentwicklung der Regenfleckenkrankheit an der Sorte 'Topaz' am Standort KOB 2011. Mit Ausnahme der Kontrolle wurden die Dächer aller Varianten am 20. Juni kurz vor Erscheinen der ersten sichtbaren Symptome geschlossen und erst zu den angegebenen Zeitpunkten wieder geöffnet.

schnittlich 273 solcher aufaddierten Nässestunden erscheinen, gerechnet ab etwa zehn Tage nach Blütenblattfall. Auch am KOB Bavendorf sowie auf der Esteburg traten die ersten Symptome in einer unbehandelten Anlage über mehrere Jahre nach rund 240 bis 287 aufaddierten Feuchtestunden auf. In einem ergänzenden Versuch wurden die wachsenden Früchte am Baum kurz vor der Entwicklung der ersten Symptome durch Tauchen in 70 Prozent Alkohol und fünf Prozent Natriumhypochlorit oberflächenentkeimt. An solchen Früchten bildeten sich die ersten Regenfleckensymptome erst etwa 250 Stunden nach dem Desinfektionszeitpunkt. Das Sichtbarwerden der Symptome korreliert demnach mit einer definierbaren Anzahl an Feuchtestunden. Dies bedeutet auch, dass während der Saison bei insgesamt 650 bis 750 Nässestunden bis zur Ernte rechnerisch etwa zwei bis drei Infektionszyklen an Früchten möglich sind.

Auch für die weitere Zunahme des Befalls ist in erster Linie die Feuchtedauer entscheidend. In Versuchen, in denen Fruch-

te zu unterschiedlich langen Zeiträumen durch wasserundurchlässige Tüten vor äußerer Feuchtigkeit geschützt wurden, zeigte sich ein klarer Zusammenhang zwischen Feuchtedauer und Befallsstärke. Je kürzer die Früchte durch die Tüten geschützt waren, desto stärker war der Befall durch *P. cerophilus* zur Ernte [Abb. 6]. Umgekehrt zeigte sich an Früchten, die erst nach beginnenden Befallsymptomen eingetütet worden waren, keine weitere Befallsentwicklung (nicht dargestellt). Durch aufwendige Beregnungsversuche mit unterschiedlichen Beregnungslängen und der farblichen Markierung bereits vorhandener und neu hinzukommender Symptome konnten wir aufzeigen, dass zur Ausweitung vorhandener Regenfleckensymptome auf der Fruchtoberfläche bereits Taufeuchte ausreichend ist. Die Auswertung der Verteilung neu hinzukommender Symptome lässt zudem vermuten, dass es sich bei der taubedingten Zunahme größtenteils um Symptome handelte, die aus bereits vorhandenen, aber noch nicht sichtbaren Infektionen entstanden

waren. Nur ein geringer Teil der Zunahme war auf die Vergrößerung bestehender Symptome zurückzuführen [Abb. 7]. Mit zunehmender Beregnungsdauer vergrößerten sich hingegen die bereits vorhandenen Symptome exponentiell.

Die Befallsverteilung in unterschiedlichen Baumbereichen ist ein auch für Praktiker auffälliges Indiz für den Zusammenhang zwischen Feuchtedauer und Symptomausprägung. Konkret zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen dem Befallsniveau im unteren Baumbereich mit dichter Baumarchitektur und dem Kronenbereich mit schlanker Baumstruktur und besserer Abtrocknung [Abb. 8]. Dies verdeutlicht die Vorteile einer lichten, schnell abtrocknenden Baumform, die durch Kulturmaßnahmen gefördert werden kann.

Gibt es Hauptinfektionszeiträume?

Um relevante Infektionsperioden zeitlich näher herausarbeiten zu können, wurden in einer stark und gleichmäßig durch *P. cerophilus* befallenen Anlage

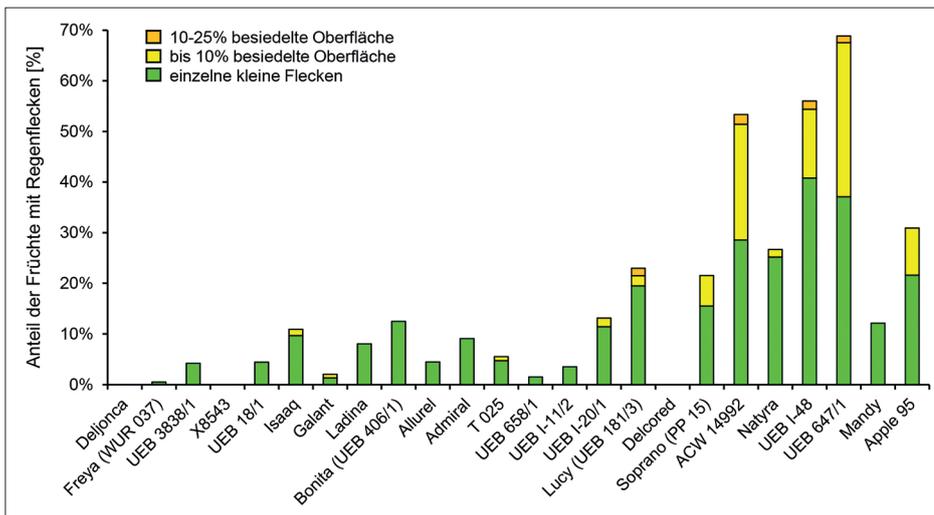


Abb. 10: Auftreten von Regenflecken zur Ernte an verschiedenen Sorten im ökologisch bewirtschafteten Sortenprüfquartier des KOB Bavendorf im Jahr 2020. Die Sorten sind nach Erntezeitpunkt sortiert (links früh, rechts spät).

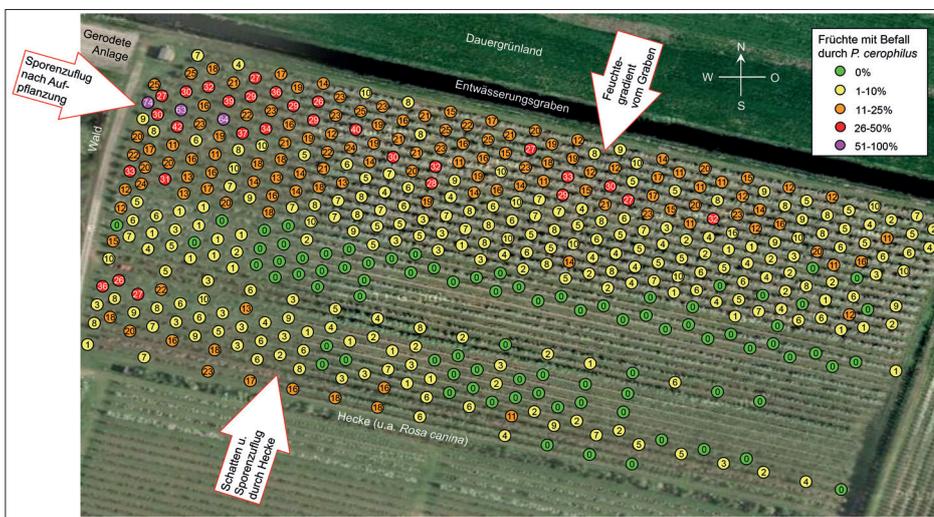


Abb. 11: Verteilung der ausschließlich durch *P. cerophylus* verursachten Regenfleckenkrankheit in einer vorrangig mit 'Topaz' und 'Dalinbel' bepflanzten ökologisch bewirtschafteten Anlage der Esteburg. Der Pflanzabstand war ca. 1,0 m, die Reihenbreite 3,50 m. In jeder Reihe wurden kurz vor der Ernte im Oktober 2011 an jedem zehnten Baum 100 Früchte auf Befall durch *P. cerophylus* bonitiert. Die Lücken in der Bonitur erklären sich durch die Bepflanzung mit frühen, bereits abgeernteten Sorten oder durch Bäume mit geringem Behang.

am KOB Bavendorf unbehandelte 'Topaz'-Bäume temporär mit Foliendächern versehen. Wurden Parzellen kurz vor Sichtbarwerden der ersten Symptome bis zur Ernte zugedeckt, zeigten sich keine Regenflecken auf dem Erntegut. Wurde nach Sichtbarwerden der ersten Regenflecken das Dach bis zur Ernte geschlossen, entwickelten sich diese Symptome nicht bzw. nur in äußerst geringem Umfang weiter. Wurde nach einer Phase der Abdeckung das Dach wieder entfernt, entwickelte sich der Befall anschließend bis zur Ernte weiter. Besonders illustrativ war das Versuchsjahr 2011 [Abb. 9], in dem am 20. Juni, also kurz vor dem Sichtbarwerden der ersten Symptome, die Dächer über vier Versuchsvarianten

geschlossen wurden, die dann ab dem 11. Juli sukzessive im Abstand von etwa zehn Tagen wieder geöffnet wurden. In der entsprechenden Reihenfolge begann der Befallsaufbau in diesen Parzellen unmittelbar nach dem Öffnen der Dächer und setzte sich bis zur Ernte linear fort.

Die polyzyklische Infektionsbiologie von *P. cerophylus* sorgt also dafür, dass der Erreger in jeder Nässephase innerhalb einer Saison seinen Befall ausweitet. Selbst eine lange Trockenphase durch Überdachung führt nur zu einem Unterbrechen, aber nicht zum Absterben des Befalls; die Entwicklung setzt sich genau in dem Stadium fort, in dem sie sich vor Beginn der Trockenheit befunden hat.

Darüber hinaus finden neue Infektionen fortlaufend über die gesamte Saison statt. Es lassen sich keine Hauptinfektionsperioden abgrenzen. Daraus ergibt sich automatisch eine erhöhte Gefährdung der spät reifenden Apfelsorten. Dies bestätigen ausgewählte Daten zum Befall an Sorten mit unterschiedlichen Reifezeitpunkten im ökologisch bewirtschafteten Sortenprüfquartier des KOB [Abb. 10]. Wir kommen zur Sortenfrage im Zusammenhang mit der Befallsregulierung im folgenden Artikel noch einmal zurück.

Das Umfeld

Die alles entscheidende Bedeutung der Feuchtigkeit für das Auftreten von Regenflecken zeigt sich im Einfluss der Lage eines Obsthofes auf den Befallsdruck. Darüber hinaus kann auch die Saumvegetation relevant sein – als Schatten- oder Sporensponder. Oft sind diese Faktoren nicht zu trennen. Dies illustriert ein Beispiel der Esteburg [Abb. 11]: Ein Befallsschwerpunkt im Nordwesten der Versuchsanlage lässt sich durch die Sporeneinwanderung aus einer ehemaligen Altanlage erklären, die zum Zeitpunkt der Aufpflanzung noch bestand, jener im Norden durch die Feuchtigkeit des angrenzenden permanent wasserführenden Grabens, jener im Süden durch Sporenfreisetzung und/oder Schattenbildung aus einer 3,0 m hohen Wildhecke. Besonders regenfleckenempfindliche Sorten sollten möglichst nicht an regenflecken-trächtigen Standorten gepflanzt werden.

Verhalten im Lager

Regenfleckenbeläge, die durch bestimmte Arten wie *Dissoconium aciculare* oder *Cyphellophora sessilis* verursacht werden, können sich an den geernteten Früchten unter Lagerungsbedingungen weiterentwickeln. Für *P. cerophylus* konnten wir dies nicht beobachten. Im Gegenteil: Wurden die Regenfleckenbeläge an frisch geernteten Früchten und dann erneut nach Kühlagerung bei 2,0 °C durch Isolierung auf Wasseragar beprobt, konnte *P. cerophylus* zur Ernte und noch nach zehnwöchiger, aber nicht

mehr nach neunmonatiger Lagerung nachgewiesen werden [Abb. 12]. Andere Pilze wie *Alternaria* und *Cladosporium*, die häufig als Sporen auf den Früchten vorkommen, ließen sich durchweg isolieren, der Erreger des Blauschimmels (*Penicillium expansum*) hingegen erst nach längerer Lagerung. Für diesen Pilz ist bekannt, dass er mit zunehmender Lagerungsdauer stark zunimmt, während er in den Obstanlagen kaum nachweisbar ist. Insgesamt sind diese Daten somit plausibel und aussagekräftig.

Fazit

In unserem derzeitigen Klima ist eine einzige Pilzart – *Peltaster cerophilus* – am Bodensee wie auch an der Niederelbe der Haupterreger der Regenfleckenkrankheit. Die ganzjährige Bildung von Konidien sowie die starke Abhängigkeit von Feuchtigkeit ermöglichen insbesondere in niederschlagsreichen Regionen ein hohes Schadpotential. Anders als beim Apfelschorf lassen sich bei der Regenfleckenkrankheit keine Hauptinfektionen eingrenzen. Vielmehr können alle während der Saison auftretenden Niederschlagsereignisse neue Infektionen sowie die Ausdehnung bereits vorhandener Symptome begünstigen. Entscheidend für die Symptombildung und die weitere Befallsdynamik ist dabei ausschließlich die Feuchtedauer. Dem Anbauer stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung, die Feuchtebedingungen innerhalb

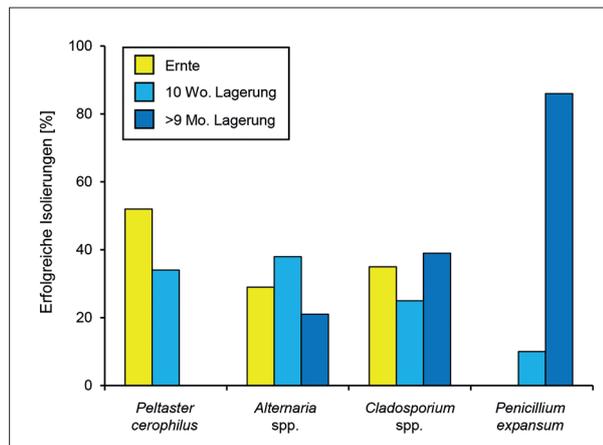


Abb. 12: Überlebensfähigkeit von *P. cerophilus* sowie einiger anderer Pilzarten auf der Regenfleckenschicht der Fruchtoberfläche zum Zeitpunkt der Ernte sowie nach Lagerung im Kühllager bei 2,0 °C.

der Obstanlage zu beeinflussen. Hierzu zählen neben der Standortwahl alle Maßnahmen, die zu einer lichtereren Baumkrone und zu einem weniger dichten Fruchtbehang führen. Auch wenn diese Ansätze weder einzeln noch in Kombination ausreichen, um einen wirtschaftlichen Schaden abzuwenden, können sie nützlich sein, um den Befallsdruck zu reduzieren und dadurch die Wirksamkeit fungizider Behandlungen zu erhöhen. Diesen Aspekt vertiefen wir in unserem zweiten Beitrag.

Danksagung

Unser Gemeinschaftsprojekt zum Thema Regenflecken wurde durch das Bundesprogramm Ökologischer Landbau gefördert (Projekt-Nummern 06OE323 und 2810OE004). Nachfolgende Arbeiten wurden durch das Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz des Landes Baden-Württemberg

finanziert. Wir danken Sybille Späth für ihre bereichernde Mitarbeit und Dr. Ulrich Mayr (KOB Bavendorf) für den langjährigen fruchtbaren Austausch.

Literatur:

- Buchleither, S. & Weber, R.W.S. (2017). Ansätze zur Reduzierung der Regenfleckenkrankheit des Apfels im Öko-Obstbau. *Öko-Obstbau* 3/2017: 10-13.
- Weber, R.W.S. & Buchleither, S. (2017). Biodiversität und Infektionsbiologie der Regenfleckenpilze in Süd- und Norddeutschland. *Öko-Obstbau* 2/2017: 8-12.
- Weber, R.W.S., Späth, S., Buchleither, S. & Mayr, U. (2016). A review of sooty blotch and flyspeck disease in German organic apple production. *Erwerbs-Obstbau* 58: 63-79.



PROF. DR. ROLAND W. S. WEBER
Obstbauversuchsanstalt Jork,
Landwirtschaftskammer Niedersachsen
roland.weber@lwk-niedersachsen.de



SASCHA BUCHELEITHER
KOB Bavendorf
bucleither@kob-bavendorf.de

Abbildungen: Roland Weber und Sascha Buchleither

Joystick-Steuerung
WAP-Hydraulik
NEU Flow Sharing
Soziale Ölverteilung

Whailex schützt vor:
Hagel Vögel Wespen
KEF Sonne Rehwild...
Reduzierte Heftarbeit

30 Jahre
Hydraulik-Technik

Weinbau Obstbau
Beerenkulturen

WAGNER
HYDRAULIK + ANTRIEB GMBH
79238 Ehrenkirchen-Kirchhofen
Tel. 07633 / 933 108-0 · Fax 07633 / 933 108-33
service@wagner-hydraulik.com · www.wagner-hydraulik.com

Whailex
SCHUTZ-NETZ-SYSTEME
WWW.WHAILEX.COM
Telefon +49 7633/933108-24 info@whailex.com

Professionell dokumentieren

Schlagkartei
ProFlura®

Dokumentationssoftware nicht nur für den Obstbau
mit optionaler Anbindung an **föko-poseidon**

30 Tage Vollversion zum Testen

stephan.wjst@assw.gmbh
<https://proflura.de>
Telefon: 07542/951184