

Die Regenfleckenkrankheit des Apfels.

2. Biologie von *Peltaster cerophilus*

Prof. Dr. Roland W.S. Weber¹, Sascha Buchleither²

¹ Obstbauversuchsanstalt Jork, Landwirtschaftskammer Niedersachsen

² KOB Bavendorf



R. Weber



S. Buchleither

Zusammenfassung

Peltaster cerophilus ist im Apfelanbau an der Niederelbe wie auch am Bodensee der wichtigste Erreger der Regenfleckenkrankheit. Diese Art vermehrt sich ausschließlich über asexuelle Sporen (Konidien), die ganzjährig in den Apfelbäumen gebildet und durch Wassertropfen verbreitet werden. Ein ortstreu auftretendes Auftreten der Krankheit mit langjährig stabilen Befallsschwerpunkten oder -gradienten ist die Folge. Fruchtummien sind ein nachgewiesenes Überwinterungsquartier. Aufgrund der polyzyklischen Infektionsbiologie kann sich ein Befall von *P. cerophilus* im Saisonverlauf bis zur Ernte durch wiederholte Sporenbildung und -freisetzung kontinuierlich aufbauen. Spät reifende Apfelsorten sind daher besonders gefährdet. Eigenschaften der Fruchtoberfläche wie Berostung oder Beduftung beeinflussen die Besiedlung durch Regenfleckenpilze. Aus diesen und anderen Aspekten lassen sich Ansätze und Grenzen der Befallsregulierung ableiten.

Schlagwörter: Apfel, Berostung, Fliegenschmutz, Öko-Anbau, *Peltaster cerophilus*, Regenflecken, *Schizothyrium pomi*

Sooty blotch disease of apple.

2. Biology of *Peltaster cerophilus*

Summary

Peltaster cerophilus is the principal cause of sooty blotch of apple in the Lake Constance and Lower Elbe fruit production regions. Reproduction is exclusively by conidia which are formed throughout the year within apple trees and are spread by water droplets. This results in a highly local occurrence of the disease with stable annual foci or gradients of infection. Fruit mummies are an overwintering substrate. Due to the polycyclic infection biology of *P. cerophilus*, repeated sporulation can build up sooty blotch throughout the season until harvest. This renders late-maturing cultivars particularly susceptible. Surface properties such as russetting or a waxy bloom can influence colonisation by sooty-blotch fungi. These and other aspects lead to the development of sooty blotch control strategies, and to our realisation of their limitations.

Keywords: apple, flyspeck, organic production, *Peltaster cerophilus*, russetting, *Schizothyrium pomi*, sooty blotch

Die Regenfleckenkrankheit ist ein pilzlicher Belag auf der Oberfläche von Früchten, insbesondere Äpfeln und Birnen. In Deutschland ist sie derzeit in der Integrierten Produktion kein Thema. Innerhalb des Öko-Anbaus ist die Bodenseeregion in den meisten Jahren deutlich stärker betroffen als die Niederelbe (WEBER *et al.*, 2016). Hohe Qualitätsstandards verhindern die Vermarktung befallener Früchte als Tafelobst, obgleich sie physiologisch gesund sind. Regenflecken können durch eine Vielzahl von Pilzarten verursacht werden, die diversen taxonomischen Gruppen angehören. Am Bodensee und an der Niederelbe haben wir in den Jahren 2007-2012 insgesamt 19 Arten nachgewiesen, von denen jedoch nur wenige in intensiv bewirtschafteten Öko-Anlagen anzutreffen waren. Hierzu gehören die Regenfleckenpilze *Peltaster cerophilus*, *Cyphellophora sessilis* und *Microcyclosporella mali*, sowie der Erreger der Fliegenschmutzkrankheit, *Schizothyrium pomi* (BATZER *et al.*, 2016; WEBER, 2022a).

Von herausgehobener Bedeutung im Öko-Obstbau Deutschlands ist zur Zeit *P. cerophilus* (Abb. 1), auf dessen Konto allein 75-80% der Regenfleckenbeläge in den Anbauregionen Altes Land und Bodensee gehen (WEBER *et al.*, 2016; WEBER, 2022a). Die Kenntnis der Biologie von *P. cerophilus* ist somit der entscheidende Schlüssel zur Regulierung der Regenfleckenkrankheit in unserem derzeitigen Klima. Diese europäische Pilzart ist erst vor kurzem durch MEDJEDOVIĆ *et al.* (2014) beschrieben worden. Die eng verwandte Art *P. fructicola* ist jedoch seit langem Gegenstand intensiver Forschung in Nordamerika (JOHNSON *et al.*, 1997; WILLIAMSON *et al.*, 2004; GLEASON *et al.*, 2011). Viele Erkenntnisse lassen sich auf *P. cerophilus* übertragen.



Abb. 1: Regenfleckenbeläge, verursacht durch *Peltaster cerophilus* an der Sorte Finkenwerder Herbstprinz aus einer verwilderten Anlage an der Niederelbe. (Fotos: Roland Weber)

roland.weber@lwk-niedersachsen.de
buchleither@kob-bavendorf.de

Fortpflanzung bei *P. cerophilus*

In vielen Pilzarten dienen sexuelle Sporen (Ascosporen) und asexuelle Sporen (Konidien) unterschiedlichen biologischen Funktionen und breiten sich auch ganz verschieden aus. Das typische Schema zeigen der Schorfpilz *Venturia inaequalis* (WEBER & KRUSE, 2016; WEBER, 2022b) oder der Obstbaumkrebspilz *Neonectria ditissima* (WEBER & HAHN, 2013; WEBER, 2014): Während Ascosporen luftbürtig über weite Strecken fliegen können, werden Konidien bei Niederschlägen im Wasserfilm oder in Tröpfchen innerhalb des Baumes oder maximal einige Meter weit getragen. Eine sexuelle Fortpflanzung durch Ascosporen konnte bislang für keine *Peltaster*-Art nachgewiesen werden.

Die asexuelle Reproduktion von *P. cerophilus* ist in **Abb. 2** illustriert. Die Konidien werden in flachen Fruchtkörpern (Pycnothyrien) gebildet, die als dunkelgrüne dichtgesäte Punkte gegen die etwas hellere Grundfarbe der Kolonie hervorgehoben sind (**Abb. 2A**). Die Konidien selbst sind farblos und längsoval bis kurzzyllindrisch mit abgerundeten Enden. Mit einer Länge von 3-4 μm sind sie sehr klein (**Abb. 2B**). Sie werden bei Nässe in großer Zahl aus den Fruchtkörpern ausgewaschen.

Besiedlung der Anlagen durch *P. cerophilus*

Viele Indizien sprechen dafür, dass auch in der Natur die Ausbreitung von *P. cerophilus* sowie der anderen bei uns häufiger beobachteten Regenfleckenpilze über kurze Distanzen erfolgt, wie sie für Konidieninfektionen typisch sind. Die hohe Ortstreue einzelner Erreger in einzelnen Anlagen ist ein Argument dafür (WEBER, 2022a). Zum Zweiten konnten wir eine zuvor regenfleckenfreie Topaz-Anlage am KOB durch das einmalige Einbringen von Brombeerranken im Frühjahr 2004 dauerhaft mit *P. cerophilus* durchsuchen. Brombeerranken sind als Wirt für *P. fructicola* bekannt (JOHNSON *et al.*, 1997), und es ist plausibel, dies auch für *P. cerophilus* anzunehmen. Drittens zeigte sich in einer stark durch *P. cerophilus* befallenen, extensiv ökologisch bewirtschafteten Anlage auf

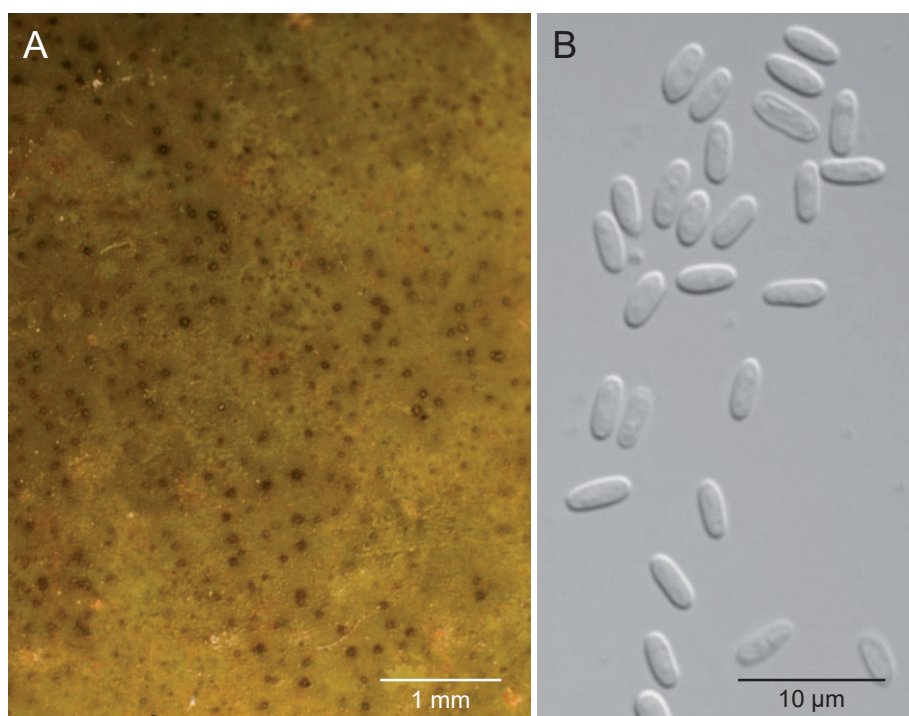


Abb. 2: Fortpflanzung bei *Peltaster cerophilus*. (A) Dichtgesäte Fruchtkörper im Regenfleckenbelag. (B) Konidien.

dem Esteburg-Gelände alljährlich ein Befallsgradient. Dieser nahm nicht von West nach Ost ab, wie man es erwartet hätte, wenn Ascosporen aus dem westlich angrenzenden Waldstück alljährlich eingeflogen wären. Vielmehr lag der Befallshöhepunkt in der nordwestlichen Ecke (**Abb. 3**) – angrenzend an eine Freifläche, auf der noch einige Jahre nach dem Pflanzen der beprobten Anlage alte, extensiv behandelte Apfelbäume gestanden hatten. Es ist also plausibel, dass der Ursprung des Befalls durch *P. cerophilus* vorrangig in der ehemaligen Altanlage zu suchen ist, und dass Konidien mit Hilfe von Wassertropfen in die äußerste Ecke der Neuanlage verbracht wurden, von wo aus sich der Befall über viele Jahre hinweg allmählich ausgebreitet hat. Ein weiterer, kürzerer Gradient zeigte sich ganz im Süden der Anlage. Hier war der Befall offensichtlich von Pflanzen einer Windschutz- und Biodiversitätsshecke ausgegangen. In dieser Hecke wurde *P. cerophilus* an den Ranken wilder Hagebutten direkt nachgewiesen (WEBER, 2022a).

Dies alles spricht dagegen, dass Ascosporen in Überwinterungsquartieren wie Hecken oder Waldstücken gebildet werden und in jedem Frühjahr aufs Neue in die Anlagen eindriften. Solche Befunde sind wichtig, weil sie sich von den Erkenntnissen für Erreger

aus anderen Regionen unterscheiden, in denen Ascosporen eine wichtige Rolle spielen können (WILLIAMSON & SUTTON, 2000; BATZER *et al.*, 2012). Wenn Konidien die relevanten oder gar die einzigen Träger der Infektion sind, stellt sich die Frage nach ihrem Ursprung und den Details ihrer Freisetzung.

Der jährliche Infektionszyklus

Befall durch die Regenfleckenkrankheit wird am Bodensee meistens im Monat Juli, im Alten Land erst im August deutlich sichtbar. Eine Untersuchung der Früchte zeigte den frühesten Befall oft in unmittelbarer Nähe von Frucht mumien. Direkte Beobachtungen konnten die vorrangig im Junifruchtfall gebildeten Mumien als Überwinterungsquartiere bestätigen (**Abb. 4**). Im Spätherbst war die Besiedlung der noch grünen, aber bereits abgestorbenen Mumien durch *P. cerophilus* deutlich zu erkennen (**Abb. 4A**). Zudem bildete sich in Laborversuchen an reifen Äpfeln ein Regenfleckenbefall durch *P. cerophilus* dadurch, dass überwinterte Frucht mumien, die aus einer Öko-Anlage stammten, oberhalb einer befallsfreien IP-Frucht angebracht wurden, gefolgt von der Inkubation in einer Feuchte kammer unter täglichem Besprühen mit Wasser (**Abb. 4B**). Es ist plausibel, dass *P. cerophilus*

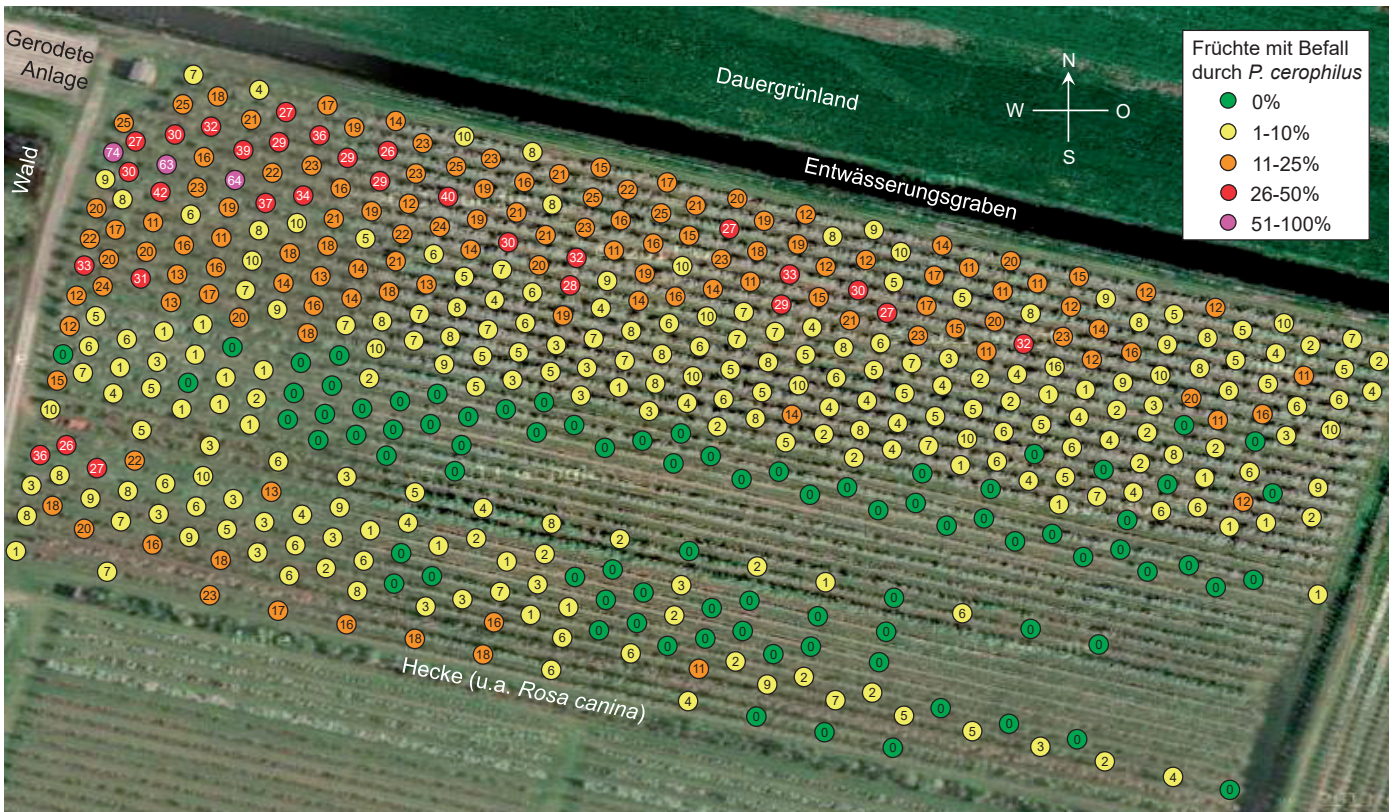


Abb. 3: Verteilung der ausschließlich durch *Peltaster cerophilus* verursachten Regenfleckenkrankheit in einer vorrangig mit Topaz und Dalinbel bepflanzten ökologisch bewirtschafteten Anlage im östlichen Bereich des Esteburg-Geländes. Der Pflanzabstand war ca. 1 m, die Reihenbreite 3,50 m. In jeder Reihe wurden kurz vor der Ernte im Oktober 2011 an jedem 10. Baum 100 Früchte auf Befall durch *P. cerophilus* bonitiert. Die Lücken in der Bonitur erklären sich durch die Bepflanzung mit frühen, bereits abgeernteten Sorten oder Bäumen mit geringem Behang (Grafik verändert nach WEBER *et al.*, 2016).

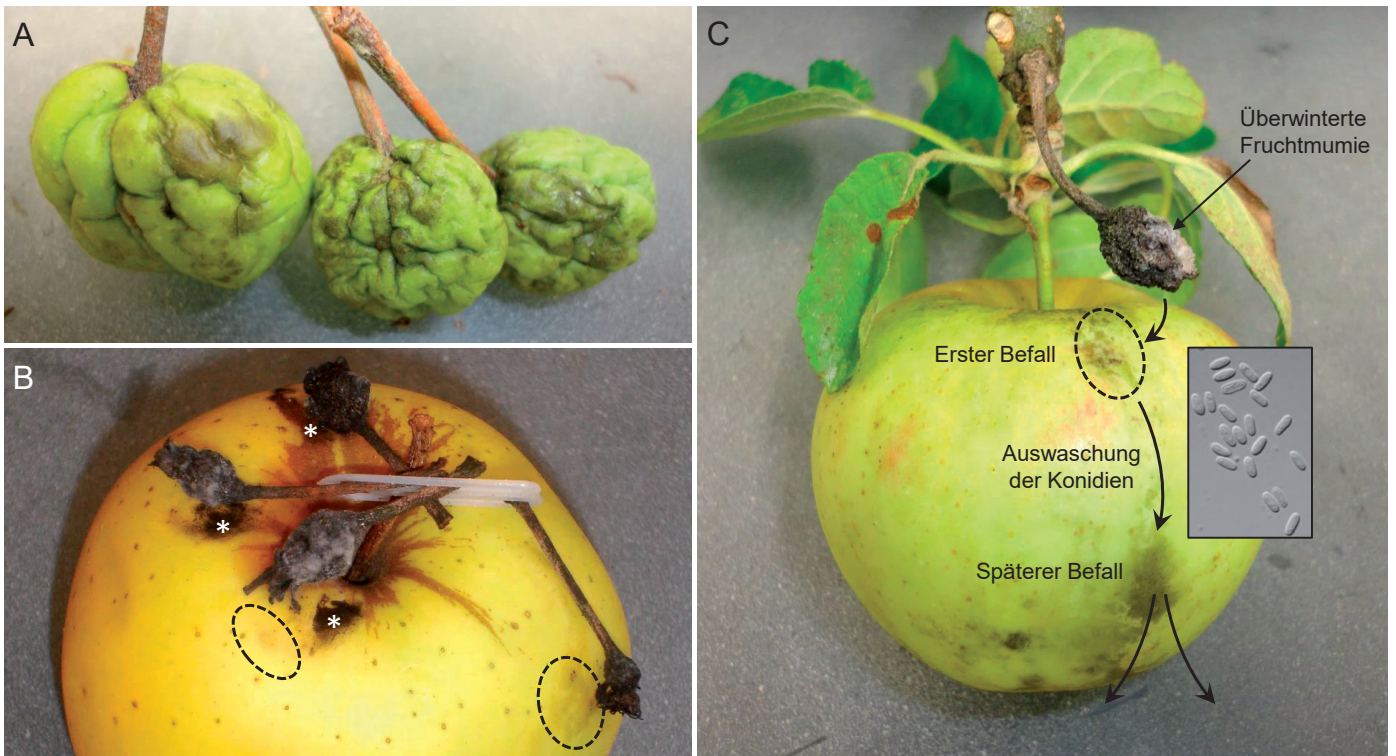


Abb. 4: Fruchtmumien als Überwinterungsquartier für *Peltaster cerophilus*. (A) Kolonien auf Dalinbel-Mumien im Dezember 2015. (B) Versuch der Etablierung von *P. cerophilus* auf der Oberfläche einer reifen Golden Delicious-Frucht durch 5-wöchige Bebrütung in einer Feuchtekammer unter täglicher Befeuchtung. Die beginnenden Regenfleckenbeläge sind markiert; aus diesen Bereichen konnte *P. cerophilus* in Reinkultur isoliert werden. Diese Methode hat auch Sporen von *Diplodia seriata* ausgewaschen, die als schwarze Beläge (*) unterhalb der Fruchtmumien sichtbar wurden. (C) Polyzyklische Infektionsbiologie der Besiedlung einer Fruchtoberfläche durch *P. cerophilus*, ausgehend von einer Fruchtmumie.



Abb. 5: Beläge 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.

auch auf Zweigen oder anderen Organen des Apfelbaumes überwintert, an denen sich dieser Pilz nicht so leicht beobachten lässt.

Ausgehend von solchen ersten Regenflecken lassen sich in der Praxis an Befallsfrüchten oft schlierenartige Muster beobachten, die die herablaufenden Regentropfen nachzuzeichnen scheinen (Abb. 1). In den Belägen entwickeln sich reife konidienbildende Fruchtkörper von *P. cerophilus*

(Abb. 2). Daraus lässt sich eine polyzyklische Infektionsbiologie ableiten: Während der Saison bilden sich mehrere Generationen von Fruchtkörpern, die bei Nässe Konidien freisetzen und neue Kolonien entstehen lassen (Abb. 4C). Dadurch würde der Befall während der Saison nicht abrupt, sondern bis zur Ernte allmählich ansteigen.

In welchen Zeiträumen können Konidien infizieren? Die Antwort auf diese Frage fanden wir durch Zufall, als

uns auffiel, dass mit Wachs imprägniertes, wasserfestes Papier, welches wir zur versuchsweisen Umhüllung einzelner Früchte verwendet hatten, seinerseits durch *P. cerophilus* besiedelt wurde. Dies eröffnete die Möglichkeit, Wachspapier zu verschiedenen Jahreszeiten in die Apfelanlagen zu hängen und die Besiedlung durch *P. cerophilus* zu verfolgen. Die Ergebnisse (Abb. 5) zeigen sehr deutlich, wie Papier, welches ab Ende November für

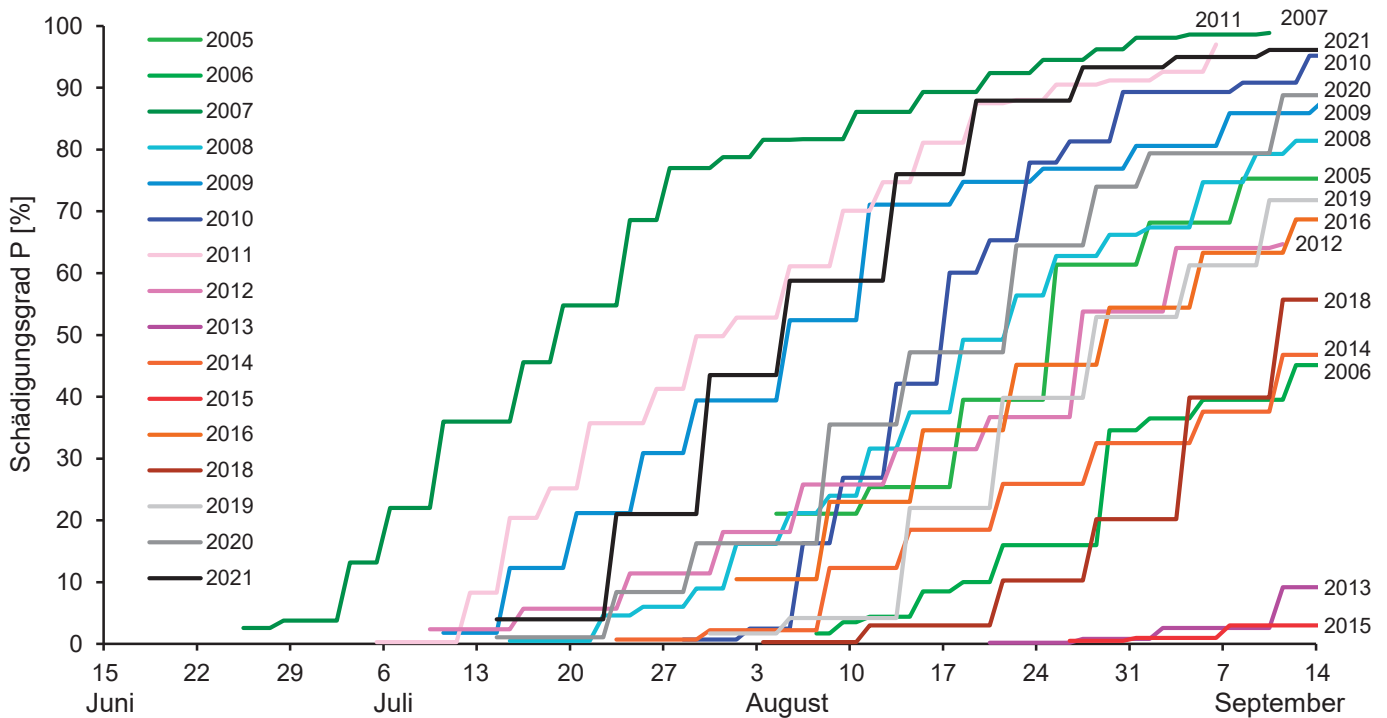


Abb. 6: Symptomaufbau, dargestellt als Schädigungsgrad (siehe MAYR & SPÄTH, 2008) in einer unbehandelten Topaz-Parzelle am KOB Bavendorf in den Jahren 2005 bis 2021. In jedem Jahr wurden 250 durchnummerierte Früchte bonitiert. 2017 konnten aufgrund von Frostschäden keine Daten erhoben werden.

11 Monate in den Bäumen verblieben war (Abb. 5A), eine weitaus stärkere Besiedlung durch *P. cerophilus* aufwies als Proben, die erst ab März (Abb. 5B) oder Mai (Abb. 5C) aufgehängt worden waren. Konidien von *P. cerophilus* scheinen also ganzjährig gebildet und freigesetzt zu werden, nicht nur an den wachsenden Früchten.

Die Dynamik der Belagsentwicklung in der Praxis

Die polyzyklische Infektionsbiologie von *P. cerophilus*, die sich aus den oben dargestellten Betrachtungen ergibt, spiegelte sich über viele Jahre hinweg alljährlich in den fortlaufenden Befallsbeobachtungen in unbehandelten Monitoringreihen der Sorte Topaz am KOB Bavendorf wider (Abb. 6). Je nach Witterung begann der sichtbare Befall zu völlig unterschiedlichen Zeiten (zwischen Ende Juni und Ende August), nahm aber danach stets mehr oder weniger linear zu, ohne dass zeitlich eingrenzbar Hauptinfektionsphasen erkennbar gewesen wären. Unterschiedliche Verläufe und Befallsgrade reflektierten den Einfluss der jährlichen Witterung auf die Befalldynamik. Innerhalb jeder Saison

zeigte sich die allmähliche Befallszunahme in Gestalt der Zu- bzw. Abnahme der verschiedenen Befallsklassen. Am Beispiel 2012 (Abb. 7) waren die ersten kleinen Regenflecken am Standort Bavendorf etwa Mitte Juli sichtbar geworden, und die Schwere des Befalls nahm bis zur Ernte Mitte September kontinuierlich zu.

Durch das Eintüten von Früchten in wasserundurchlässigem Material zum Beginn der Fruchtentwicklung, gefolgt von ihrem Austüten zu verschiedenen späteren Zeitpunkten, ließ sich dies noch einmal bestätigen: Je früher das Entfernen der Tüte erfolgte, desto höher war der resultierende Befall durch *P. cerophilus* zur Ernte (Abb. 8). Umgekehrt zeigte sich an Früchten, die erst nach beginnenden Befallssymptomen eingetütet worden waren, keine weitere Befallsentwicklung (nicht dargestellt). Ganz ähnliche Beobachtungen konnten wir auch in einem Versuch mit temporärer Überdachung von unbehandelten Topaz-Bäumen machen. Je länger die Bäume überdacht wurden, desto geringer war der resultierende Befall zur Ernte. Erfolgte die Überdachung erst nach dem Auftreten der ersten Symptome, konnte eine weitere

Symptomausbreitung weitgehend unterbunden werden. Nässe ist also bei der Regenfleckenkrankheit nicht nur für die Freisetzung der Sporen, sondern auch für die weitere Entwicklung der Symptome erforderlich.

Ab welchem Zeitpunkt kann die Frucht durch Regenfleckenpilze besiedelt werden? In der Literatur wird die Infizierbarkeit etwa ab dem Walnuss- bzw. T-Stadium angenommen (WRONA & GRABOWSKI, 2004). Schwierigkeiten ergeben sich jedoch durch die lange Inkubationszeit, d.h. die Zeitspanne zwischen der tatsächlichen Infektion und dem Sichtbarwerden der ersten Regenflecken. Durch das Entfernen von Früchten etwa zum Haselnuss-Stadium und ihre Inkubation in dauerfeuchten Bedingungen im hohen Gras außerhalb der Anlage konnten wir belegen, dass *P. cerophilus* schon zu diesem frühen Zeitpunkt auf den Früchten gewesen sein muss. Es ist also anzunehmen, dass die Frucht schon kurz nach der Blüte empfänglich für die Infektion durch *P. cerophilus* ist.

BROWN & SUTTON (1995) konnten in Nordamerika zeigen, dass die Bildung von Regenflecken durch verschiedene Erreger (darunter *P. fructicola* und *S. pomi*) stark von über 4-stündigen

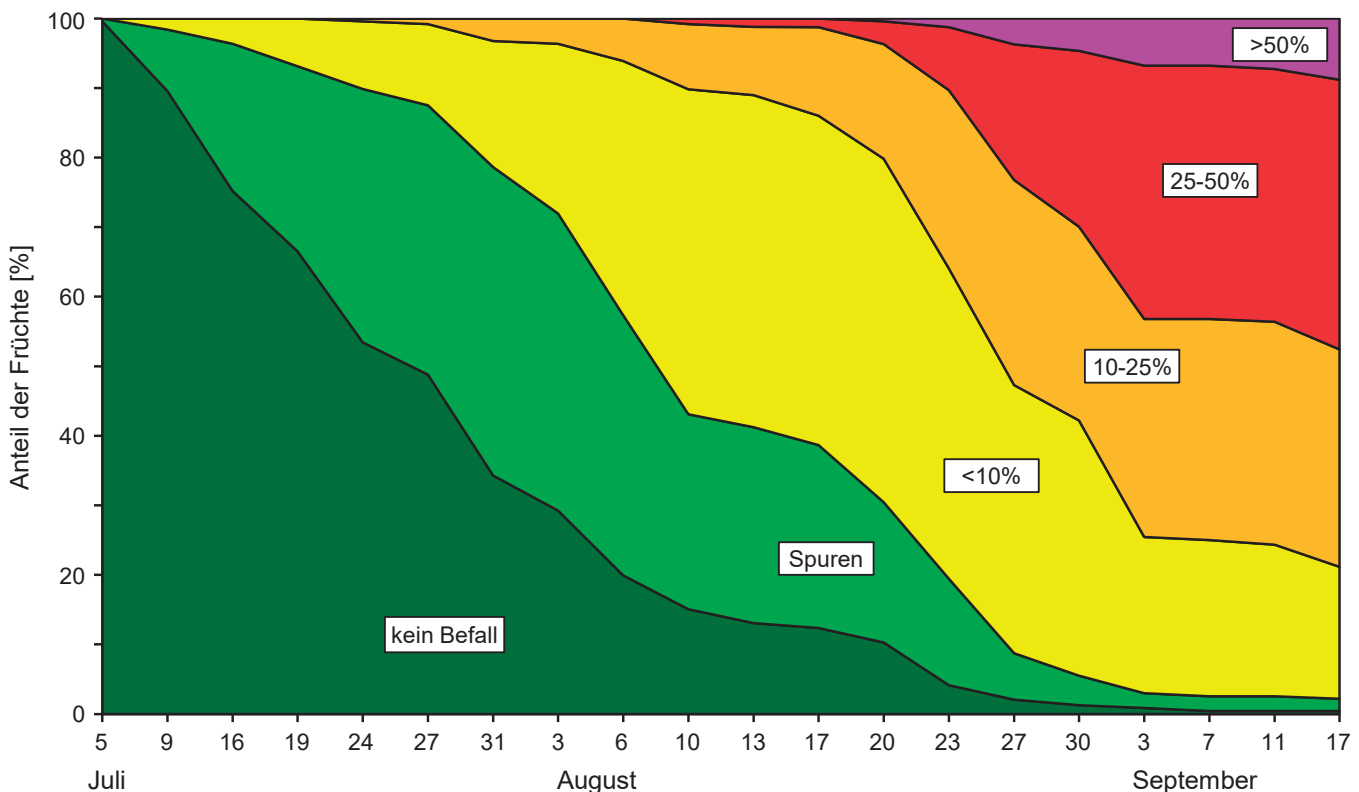


Abb. 7: Symptomaufbau als Kategorien verschiedener Bedeckungsgrade der Fruchtoberfläche in einer unbehandelt gebliebenen Topaz-Parzelle am KOB Bavendorf während der Saison 2012 (leicht verändert nach WEBER et al., 2016).

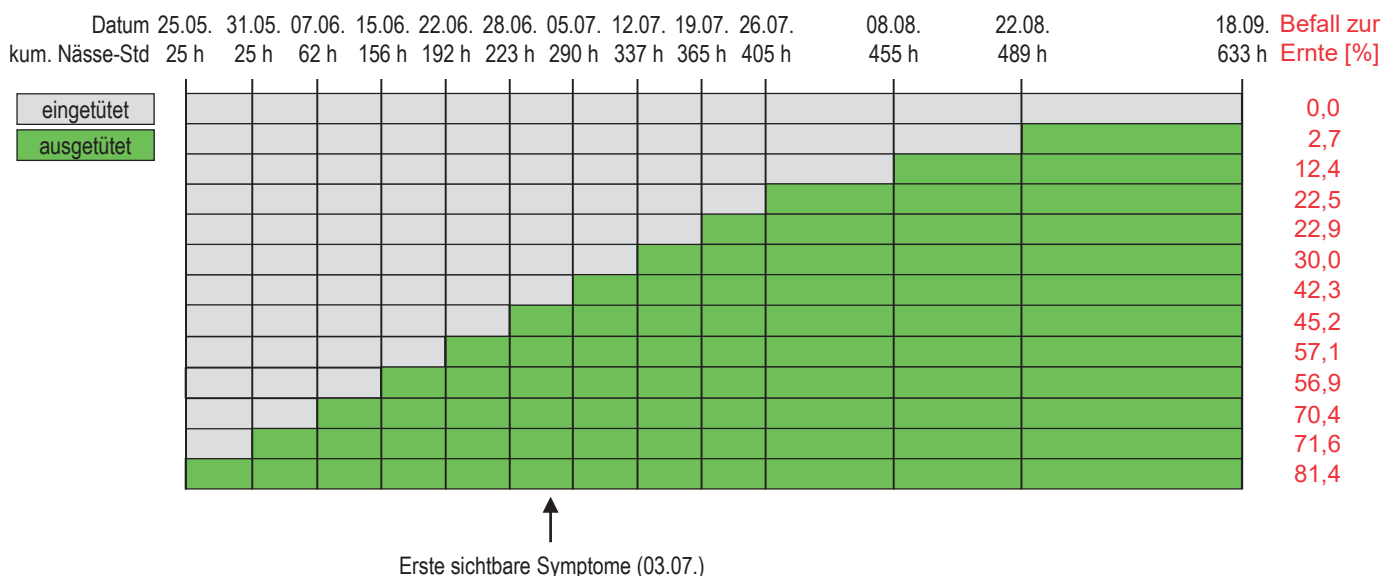


Abb. 8: Auswirkung des Schutzes von Früchten durch Eintüten in Wachspapier an Topaz-Bäumen (KOB Bavendorf) in der Saison 2012. Der Befall als Schädigungsgrad zur Ernte wurde anhand eines 6-stufigen Schemas nach MAYR & SPÄTH (2008) bonitiert (Grafik verändert nach WEBER *et al.*, 2016).

Nässephasen abhängig war. In ihren Messungen erschienen die ersten sichtbaren Regenflecken nach durchschnittlich 273 solcher aufaddierten Nässestunden, gerechnet ab etwa 10 Tage nach Blütenblattfall. Auch am KOB Bavendorf (Tab. 1) sowie auf der Esteburg (nicht dargestellt) ließ sich diese Modellierung für *P. cerophilus* grundsätzlich bestätigen. Dies bedeutet, dass sich im Saisonverlauf bei insgesamt 650-750 Nässestunden bis zur Ernte auch rechnerisch mindestens zwei komplette Infektionszyklen an Früchten bilden können.

Wurden die wachsenden Früchte am Baum kurz vor der Entwicklung der ersten Symptome durch Tauchen in 70% Alkohol und 5% Natriumhypochlorit oberflächenentkeimt, bildeten sich die ersten Regenflecken erst etwa 250 Nässestunden nach diesem

Zeitpunkt (WEBER *et al.*, 2016). Somit könnte man theoretisch kurz vor dem prognostizierten Erscheinen der ersten Symptome mit einem wirksamen Fungizid behandeln, um die Bildung des Regenfleckenbelags gezielt zu unterbinden (BROWN & SUTTON, 1995). Die Bedeutung für die Obstbaupraxis ist jedoch begrenzt, denn hochwirksame Fungizide wie Strobilurine (WILLIAMSON & SUTTON, 2000; BABADOOST *et al.*, 2004) stehen in Deutschland nur in der IP zur Verfügung, wo jedoch Regenflecken in der Praxis keine Rolle spielen. Die im Öko-Anbau zugelassenen Mittel sind für eine solche gezielte Bekämpfung nicht ausreichend effektiv (S. Buchleither & R.W.S. Weber, in Vorbereitung). Zudem ist die objektive Messung von Blattnäse mit den Sensoren der Wetterstationen ein schwieriges Unterfangen (BUCHLEITHER & WEBER, 2017).

Verhalten im Lager

Regenfleckenbeläge, die durch bestimmte Arten wie *Dissoconium aciculare* (BATZER *et al.*, 2010, 2012) oder *Cyphellophora sessilis* (S. Buchleither & R.W.S. Weber, unveröffentl. Beobachtungen) verursacht werden, können sich an den geernteten Früchten unter den Bedingungen der Kühllagerung weiterentwickeln. Für *P. cerophilus* konnten wir dies nicht beobachten. Im Gegenteil: Wurden die Regenfleckenbeläge an frisch geernteten Früchten und dann erneut nach Kühllagerung bei 2°C durch Isolierung auf Wasseragar beprobt (siehe WEBER, 2022a), konnte *P. cerophilus* zur Ernte und noch nach 10-wöchiger, aber nicht mehr nach 9-monatiger Lagerung nachgewiesen werden (Abb. 9; WEBER *et al.*, 2016). Andere Pilze wie *Al-*

Tab. 1: Phänologische Parameter und Auftreten der ersten sichtbaren Symptome der durch *Peltaster cerophilus* verursachten Regenfleckenkrankheit an Topaz (KOB Bavendorf). Aus WEBER & BUCHLEITHER (2017).

Parameter	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Vollblüte	30.04.	06.05.	18.04.	02.05.	25.04.	29.04.	19.04.	26.04.	23.04.	18.04.
Blütenblattfall	09.05.	16.05.	27.04.	08.05.	04.05.	12.05.	24.04.	04.05.	07.05.	03.05.
T-Stadium	18.06.	28.06.	31.05.	14.06.	27.05.	17.06.	03.06.	08.06.	13.06.	10.06.
Ernte	04.10.	27.09.	13.09.	22.09.	22.09.	24.09.	21.09.	24.09.	01.10.	23.09.
Erste Symptome im Feld	20.07.	05.08.	20.06.	15.07.	07.07.	22.07.	05.07.	03.07.	20.08.	21.07.
Kumul. Feuchtestunden*	278	285	241	205	240	287	274	276	415	274

* aufaddierte mindestens 4-stündige Nässephasen ab erstem Regen 10 Tage nach Blütenblattfall (BROWN & SUTTON, 1995).

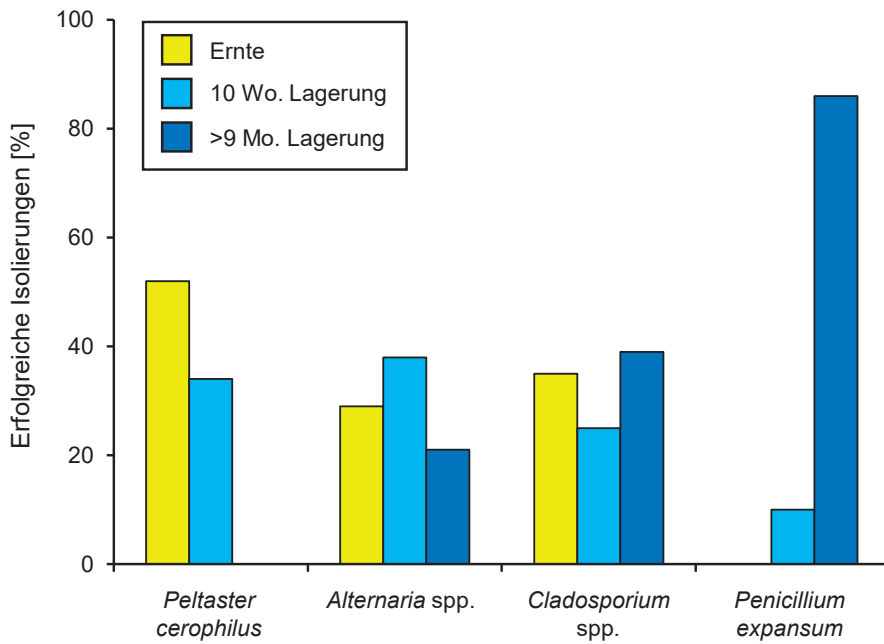


Abb. 9: Überlebensfähigkeit von *Peltaster cerophilus* sowie einiger anderer Pilzarten auf der Regenfleckschicht der Fruchtoberfläche zum Zeitpunkt der Ernte sowie nach Lagerung im Kühllager bei 2°C (verändert nach WEBER *et al.*, 2016).

ternaria- und *Cladosporium*-Arten, die häufig schon in den Anlagen als Sporen auf den Früchten vorkommen, ließen sich durchweg isolieren, der Erreger des Blauschimmels (*Penicillium expansum*) hingegen nur nach längerer Lagerung. Für diesen Pilz ist bekannt, dass er mit zunehmender Lagerungsdauer stark zunimmt, während er in den Obstanlagen kaum nachweisbar ist (AMIRI & BOMPEIX, 2005). Insgesamt sind diese Daten somit plausibel und aussagekräftig.

beläge bilden können. Daher können wir davon ausgehen, dass vorrangig die Beschaffenheit der Oberfläche und nicht die Verfügbarkeit von Nährstoffen darüber entscheidet, ob sich Regenflecken bilden oder nicht. Hierfür gibt es viele weitere Indizien. Das Vorkommen derselben Arten auf verschiedensten Wirtspflanzen (WEBER, 2022a) zeigt, dass die Nährstoffansprüche dieser Pilze nicht besonders spezifisch sein können. Zudem zählen viele der wirtschaftlich relevanten Arten – auch *P. cerophilus* – taxonomisch

gesehen zur Ordnung der Capnodiiales, deren Mitglieder generell von sehr geringen Nährstoffmengen leben können. In diese Gruppe gehören viele Rußtaupilze und auch der Weinkellerschimmel *Racodium cellare*, der nur in den Gewölben von Weingütern zu finden ist und sich dort von den gasförmig in der Luft vorliegenden Alkoholausdünstungen der Holzfasern ernährt (TRIBE *et al.*, 2006).

Welche Oberflächenbeschaffenheit ist relevant? Bis zu einem gewissen Grad unterscheiden sich hier die verschiedenen Erreger (Abb. 10). Die Oberfläche muss offensichtlich mit einer wasserabweisenden Wachsschicht bedeckt sein, da man auf berosteten Flächen der Apfeloberfläche fast grundsätzlich keine Regenfleckenbeläge sieht; vielmehr sind diese aus dichten Belägen in auffälliger Weise ausgespart (Abb. 10A). Auf der anderen Seite stellen besonders wachsig, beduftete Oberflächen einiger Apfelsorten ebenfalls ein Hindernis für bestimmte Regenfleckenpilze wie *P. cerophilus* dar, während andere Arten (z.B. *S. pomi*, *M. mali*) diese Oberflächen gut oder sogar bevorzugt besiedeln können (Abb. 10B). An der bedufteten Oberfläche der Schlehenfrucht lässt sich sogar beobachten, wie die Kolonien solcher Arten die Wachsschicht zersetzen (WEBER, 2022a). Dieses Phänomen ist für *S. pomi* im Detail durch NASU & KUNOH (1987) beschrieben worden.

Eigenschaften der Fruchtoberfläche

Als eine der Erklärungen für die scheinbar bevorzugte Besiedlung von Fruchtoberflächen galt lange Zeit die Beobachtung, dass das Wachstum vieler Regenfleckenpilze durch Zucker und Aminosäuren stimuliert wird, welche bekanntermaßen in geringen Konzentrationen aus der Fruchthaut austreten (BELDING *et al.*, 2000; WRONA & GRABOWSKI, 2004). Da die Freisetzung dieser Nährstoffe etwa ab dem Walnuss-Stadium deutlich zunimmt (WRONA & GRABOWSKI, 2004), passte diese Beobachtung gut zu den seinerzeitigen Annahmen, dass die Besiedlung der Frucht erst dann beginnt. Mittlerweile wissen wir, dass die jungen Früchte schon viel früher besiedelt werden und dass sich auch auf Wachspapier dichte Regenflecken-

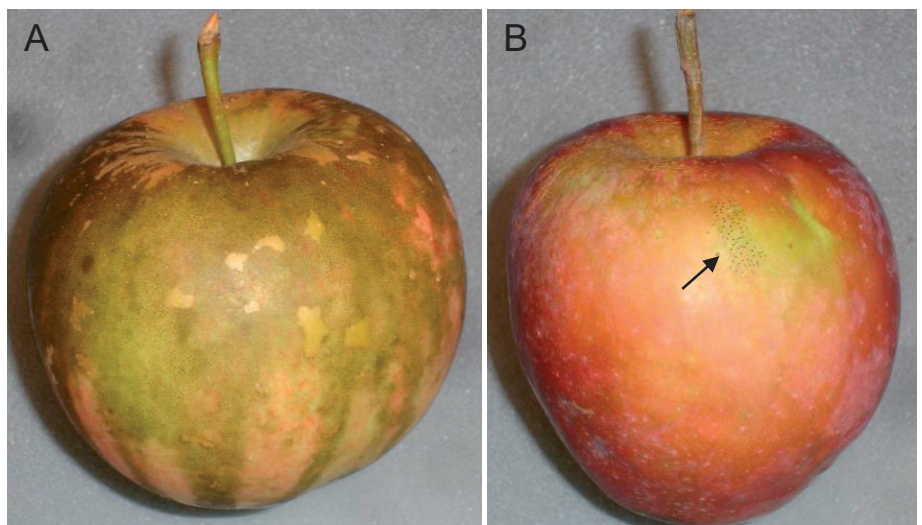


Abb. 10: Einfluss von Oberflächen auf die Besiedlung durch Regenfleckenpilze. (A) Dichter Belag von *Peltaster cerophilus* unter Aussparung berosteter Bereiche an der Sorte Dalinco. (B) Besiedlung der stark bedufteten Frucht von Schorfanzeiger Z5 durch *Schizothyrium pomi* (Pfeil) unter Fehlen von *P. cerophilus* in einem ansonsten stark durch die letztere Art befallenen Standort.

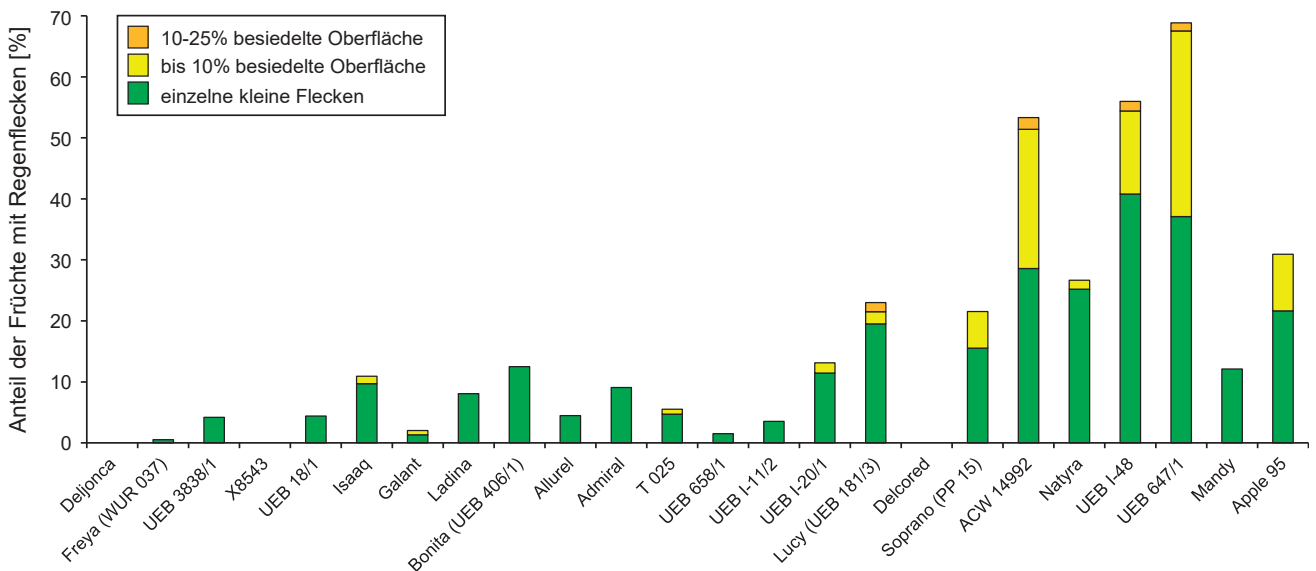


Abb. 11: Auftreten von Regenflecken zur Ernte an verschiedenen Sorten im ökologisch bewirtschafteten Sortenprüfquartier des KOB Bavendorf im Jahr 2020. Die Sorten sind nach Erntezeitpunkt sortiert (links früh, rechts spät).

Sortenfragen

Aus dem vorigen Abschnitt geht hervor, dass die Beschaffenheit der Fruchtoberfläche – Berostung, Beduftung – ein sortentypischer Parameter ist, der die Besiedlung mit Regenfleckenpilzen stark beeinflussen kann. Ein weiterer Faktor ist der Erntezeitpunkt. Da sich der Befall durch *P. cerophilus* graduell aufbaut, ist zu erwarten, dass Sorten mit einem späteren Erntefenster generell stärker durch Regenflecken gefährdet sind als Frühsorten (WEBER *et al.*, 2016). Dieser Trend lässt sich aus **Abb. 11** klar herauslesen.

Einige Unterschiede lassen sich nicht einfach durch Oberfläche oder Erntezeit erklären. In der bereits beschriebenen Dalinbel-/Topaz-Anlage der Esteburg (siehe **Abb. 3**) standen die Reihen beider Sorten unmittelbar nebeneinander und wurden identisch behandelt. Dennoch wies Dalinbel im direkten Vergleich durch die gesamte Saison hindurch stets einen höheren Befall auf als Topaz (**Abb. 12**; GLEASON *et al.*, 2011). Neben den Fruchtmumien, die an Dalinbel, aber nicht an Topaz, über den Winter hindurch in großer Zahl am Baum hängen bleiben, bietet auch die Baumarchitektur eine mögliche Erklärung. Während Topaz in dieser Anlage seine Früchte vorrangig in der Peripherie der Bäume präsentierte, hingen sie bei Dalinbel eher im Bauminneren – unter Bedingungen also, in denen verlängerte Nässepha-

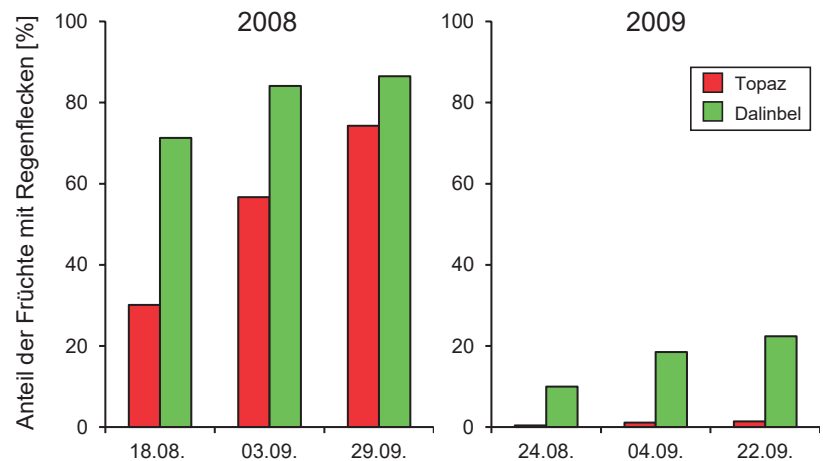


Abb. 12: Auftreten von Regenfleckenbefall (verursacht durch *Peltaster cerophilus*) in benachbarten Reihen der Sorten Topaz und Dalinbel einer ökologisch bewirtschafteten Anlage auf dem Versuchsbetrieb Esteburg in der nassen Saison 2008 und der trockenen Saison 2009 (aus GLEASON *et al.*, 2011).

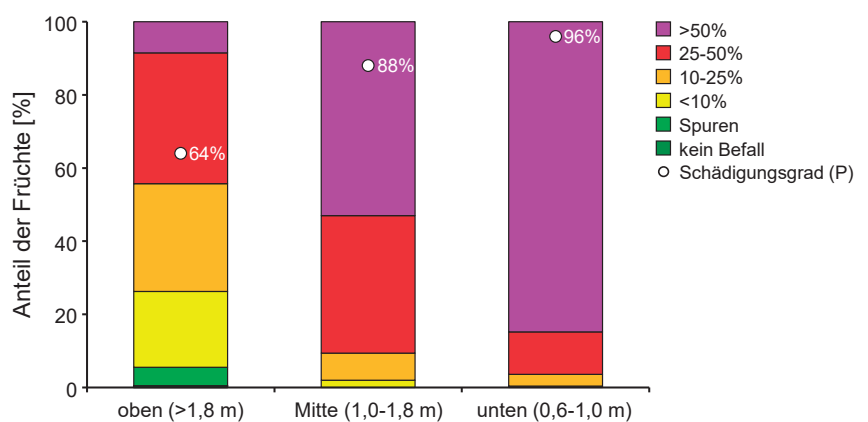


Abb. 13: Regenfleckenbefall am KOB Bavendorf 2021 an der Sorte Topaz (unbehandelt) im Bezug auf die Position der Frucht im Baum.

sen vorherrschten. Dass dies ein wichtiger Faktor sein kann, zeigen vergleichende Messungen, in denen der Regenfleckenbefall in den unteren,

langsamer abtrocknenden und dichteren Baumregionen deutlich stärker auftrat als an Früchten im Bereich der Baumspitze (**Abb. 13**).

Perspektive

Die Biologie des derzeit deutschlandweit wichtigsten Regenflecken-Erregers (*P. cerophilus*) konnte in einer langjährigen Zusammenarbeit zwischen dem KOB Bavendorf und der ESTEBURG eingehend charakterisiert werden. Grundsätzlich gilt: Je extensiver die Produktion, je feuchter und wärmer die Lage oder die Saison, je später der Erntezeitpunkt, desto stärker ausgeprägt ist die Krankheit. Dies definiert die Grenzen und die Möglichkeiten der Befallsregulierung. Die wichtigen Merkmale von *P. cerophilus* – das überaus breite Wirtsspektrum, die Bedeutung langer Nässephasen und die ganzjährige Bildung der infektionsrelevanten Konidien – stellen besondere Anforderungen an die Bekämpfung im Öko-Anbau, der durch die Krankheit primär betroffen ist. Die Möglichkeiten der Befallsregulierung werden im Folgeartikel erörtert (S. Buchleither & R.W.S. Weber, in Vorbereitung).

Danksagung

Unser Gemeinschaftsprojekt zum Thema Regenflecken wurde durch das Bundesprogramm Ökologischer Landbau gefördert (Projekt-Nummern 06OE323 and 2810OE004). Die Daten in Abb. 11 und Abb. 13 wurden am KOB in einem durch das Ministerium für ländlichen Raum und Verbraucherschutz des Landes Baden-Württemberg finanzierten Projekt erhoben. Wir bedanken uns bei Sybille Späth und Dr. Ulrich Mayr (KOB Bavendorf) für die fruchtbare Zusammenarbeit an diesem Thema.

Literatur

- AMIRI, A. & BOMPEIX, G. (2005). Diversity and population dynamics of *Penicillium* spp. on apples in pre- and postharvest environments: consequences for decay development. *Plant Pathology* **54**: 74-81.
- BABADOOST, M., McMANUS, P.S., HELLAND, S.N. & GLEASON, M.L. (2004). Evaluating a wetness-based warning system and reduced-risk fungicides to manage sooty blotch and flyspeck of apple. *HortTechnology* **14**: 51-57.
- BATZER, J.C., RINCON, S.H., MUELLER, D.S., PETERSEN, B.J., LE CORRONC, F., McMANUS, P.S., DIXON, P.M. & GLEASON, M.L. (2010). Effect of temperature and nutrient concentration on the growth of six species of sooty blotch and flyspeck fungi. *Phytopathologia Mediterranea* **49**: 3-10.
- BATZER, J.C., SISSON, A.J., HARRINGTON, T.C., MAYFIELD, D.A. & GLEASON, M.L. (2012). Temporal patterns in appearance of sooty blotch and flyspeck fungi on apples. *Microbial Ecology* **64**: 928-941.
- BATZER, J.C., WEBER, R.W.S., MAYFIELD, D.A. & GLEASON, M.L. (2016). Diversity of the sooty blotch and flyspeck complex on apple in Germany. *Mycological Progress* **15**:2.
- BELDING, R.D., SUTTON, T.B., BLANKENSHIP, S.M. & YOUNG, E. (2000). Relationship between apple fruit epicuticular wax and growth of *Peltaster fructicola* and *Leptodontidium elatius*, two fungi that cause sooty blotch disease. *Plant Disease* **84**: 767-772.
- BROWN, E.M. & SUTTON, T.B. (1995). An empirical model for predicting the first symptoms of sooty blotch and flyspeck of apples. *Plant Disease* **79**: 1165-1168.
- BUCHLEITHER, S. & WEBER, R.W.S. (2017). Ansätze zur Reduzierung der Regenfleckenkrankheit des Apfels im Öko-Obstbau. *Öko-Obstbau* **3/2017**: 10-13.
- GLEASON, M.L., BATZER, J.C., SUN, G., ZHANG, R., DIAZ ARIAS, M.M., SUTTON, T.B., CROUS, P.W., IVANOVIĆ, M., McMANUS, P.S., COOLEY, D.R., MAYR, U., WEBER, R.W.S., YODER, K.S., DEL PONTE, E.M., BIGGS, A.R. & OERTEL, B. (2011). A new view of sooty blotch and flyspeck. *Plant Disease* **95**: 368-383.
- JOHNSON, E.M., SUTTON, T.B. & HODGES, C.S. (1997). Etiology of apple sooty blotch disease in North Carolina. *Phytopathology* **87**: 88-95.
- MAYR, U. & SPÄTH, S. (2008). Sooty blotch of apple: efficacy of different application strategies. In: *Proceedings of the 13th International Conference on Cultivation Technique and Phytopathological Problems in Organic Fruit-Growing*, 82-86. Weinsberg: FÖKO (<http://orgprints.org/id/eprint/13649>).
- MEDJEDOVIĆ, A., FRANK, J., SCHROERS, H.-J., OERTEL, B. & BATZER, J.C. (2014). *Peltaster cerophilus* is a new species of the apple sooty blotch complex from Europe. *Mycologia* **106**: 525-536.
- NASU, H. & KUNOH, H. (1987). Scanning electron microscopy of flyspeck of apple, pear, Japanese persimmon, plum, Chinese quince, and pawpaw. *Plant Disease* **71**: 361-364.
- TRIBE, H.T., THINES, E. & WEBER, R.W.S. (2006). Moulds that should be better known: the wine cellar mould, *Racodium cellare* Persoon. *Mycologist* **20**: 171-175.
- WEBER, R.W.S. (2014). Biology and control of the apple canker fungus *Neonectria ditissima* (syn. *N. galligena*) from a Northwestern European perspective. *Erwerbs-Obstbau* **56**: 95-107.
- WEBER, R.W.S. (2022a). Die Regenfleckenkrankheit des Apfels. 1. Beteiligte Erreger. *Mitteilungen des Obstbauversuchsrings des Alten Landes* **77**: 219-224.
- WEBER, R.W.S. (2022b). Apfelschorf II. Räumliche Aspekte aus Sicht des Alten Landes. *Obstbau Weinbau* **59** (5): 21-25.
- 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. & HAHN, A. (2013). Obstbaumkrebs und die Sorte 'Nicoter' (Kanzi®) an der Niederelbe. *Mitteilungen des Obstbauversuchsrings des Alten Landes* **68**: 247-256.
- WEBER, R.W.S. & KRUSE, P. (2016). Spät- und Lagerschorf an Äpfeln an der Niederelbe 2015. *Mitteilungen des Obstbauversuchsrings des Alten Landes* **71**: 126-131.
- 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.
- WILLIAMSON, S.K. & SUTTON, T.B. (2000). Sooty blotch and flyspeck of apples: biology, etiology, and control. *Plant Disease* **84**: 714-724.
- WILLIAMSON, S.M., HODGES, C.S. & SUTTON, T.B. (2004). Re-examination of *Peltaster fructicola*, a member of the apple sooty blotch complex. *Mycologia* **96**: 885-890.
- WRONA, B. & GRABOWSKI, M. (2004). Influence of fructose and glucose occurring on fruit surface on the growth of fungi that cause sooty blotch of apple. *Journal of Plant Protection Research* **44**: 287-291.