

Populationsbiologie des Apfelschorfpilzes (*Venturia inaequalis*) an der Niederelbe

Der seit einigen Jahren ungewöhnlich hohe Befallsdruck durch den Apfelschorfpilz ist für ökologisch wirtschaftende Betriebe zu einem existentiellen Problem geworden. Viele Faktoren wie die Sortenwahl sowie direkte und indirekte Ansätze zur Befallsregulierung tragen dazu bei. Ungeklärt ist die Frage, ob und inwieweit sich der Pilz an die vorherrschenden Produktionsbedingungen angepasst hat. Diesem grundlegenden Aspekt der Biologie unseres wichtigsten Schadpilzes nähern wir uns hier am Beispiel der Niederelberegion.



Abb. 1: Frühes Beispiel eines Resistenzdurchbruchs an der *Rvi6*-resistenten Sorte 'Dalinbel' im Frühjahr 2015 an der Niederelbe. Die Frucht links wurde bereits durch Ascosporen in Frühjahr befallen, die Frucht rechts erst durch nachfolgende Konidieninfektionen im Sommer; Foto: Roland Weber

Indikatoren für eine Anpassung

Die Vorfahren des kultivierten Apfels stammen aus Zentralasien. Dort hat sich vermutlich auch der Apfelschorfpilz *Venturia inaequalis* entwickelt und über einen evolutionsgeschichtlich längeren Zeitraum an seine Wirtspflanze angepasst. Das Ergebnis ist eine hochspezifische biologische Interaktion, in der *V. inaequalis* in seinem Überleben vollständig vom Apfel abhängig geworden ist. Kann sich ein derart spezialisierter Schadpilz im Laufe weniger Jahre an gravierende Veränderungen im Erwerbsobstbau anpassen? Er hat es bereits mehrfach bewiesen. Dafür gibt es aus den vergangenen 50 Jahren mindestens zwei wichtige Beispiele.

Im Jahr 1969 kamen die Benzimidazole als erste spezifisch wirkende Fungizidgruppe auf den Markt. Diese Substanzen griffen ein einzelnes pilzliches Protein an und konnten dadurch schon in geringen Konzentrationen wirksam sein, und das sogar

kurativ. Damals glaubte man, das Ende der Schadpilze sei gekommen. Weit gefehlt! Schon fünf Jahre später hatte *V. inaequalis* eine Genmutation gebildet, die das entsprechende Zielprotein so veränderte, dass es unter Wahrung seiner essentiellen Funktion für den Pilz die Angriffsstelle des Fungizidmoleküls verlor und das Fungizid dadurch unwirksam wurde. Massive wirtschaftliche Schäden waren dort die Folge, wo man einseitig auf die Benzimidazole zur Schorfbekämpfung gesetzt hatte. Dieses Schema wiederholte sich an der Niederelbe mit vielen weiteren spezifischen Fungiziden, darunter den Strobilurinen 1998 nach nur zwei Jahren der intensiven Nutzung, den Anilinopyrimidinen 2005 nach neun Jahren, und den Triazolen 1996 nach 15 Jahren.

Vor mehr als 25 Jahren wurden die ersten Apfelsorten mit monogenetischer Resistenz gegen den Apfelschorf in den Erwerbsobstbau eingeführt. Die meis-

ten dieser Sorten enthalten das *Rvi6*-Gen (auch als *Vf*-Gen bekannt). Die physiologische Basis besteht darin, dass das Produkt des Resistenzgens – ein Protein – es dem Apfelbaum ermöglicht, den infizierenden Schorfpilz frühzeitig zu erkennen und eine sofortige Abwehrreaktion einzuleiten. Erkannt wird dabei ein bestimmtes Pilzprotein. Diese sogenannte Gen-für-Gen-Interaktion ist somit hochspezifisch und dadurch auch sehr wirksam. Das Konzept bedeutet leider auch, dass das Zielprotein durch eine einzige Mutation bei *V. inaequalis* verändert werden kann, wodurch der Früherkennungsmechanismus scheitert. Eine Schorffrasse im Besitz dieser Mutation kann alle Apfelsorten im Besitz des betreffenden Resistenzgens befallen [Abb. 1]. Das ist ein nicht zu übersehender Akt der Anpassung.

Dass dies nicht bei allen Apfelsorten zu einem gleich hohen Schorfbefall führt, liegt an einer Vielzahl weiterer Gene, die in ihrer Gesamtheit die allgemeine Resistenz (Feldresistenz) einer Sorte definieren. Wegen solcher Unterschiede in der Feldresistenz sind zum Beispiel die Sorten der 'Jonagold'-Gruppe hochgradig schorfanfällig, während 'Boskoop' oder 'Discovery' vergleichsweise schorfbust sind. Auch dies ist übrigens nur eine Momentaufnahme, denn auch an die Feldresistenz kann sich der Schorfpilz anpassen. So galt die Sorte 'Jonagold' bei ihrer Einführung in die Niederelbe vor etwa 40 Jahren als relativ wenig schorfanfällig. Ähnliche Prozesse eines Erodierens der Feldresistenz im Laufe von Jahrzehnten hat man in anderen Regionen an 'Golden Delicious' und 'Bramley's Seedling' beobachtet. Beim Schorfpilz ist also alles im Fluss – mal mehr, mal weniger offensichtlich. Für belastbare Untersuchungsergebnisse sind eindeutig erkennbare Merkmale wie die Fungizidresistenz des Pilzes und die monogenetische Schorfresistenz des Apfels von Vorteil. Diese wollen wir nutzen, um die Ausbreitungsbiologie von *V. inaequalis* zu charakterisieren.

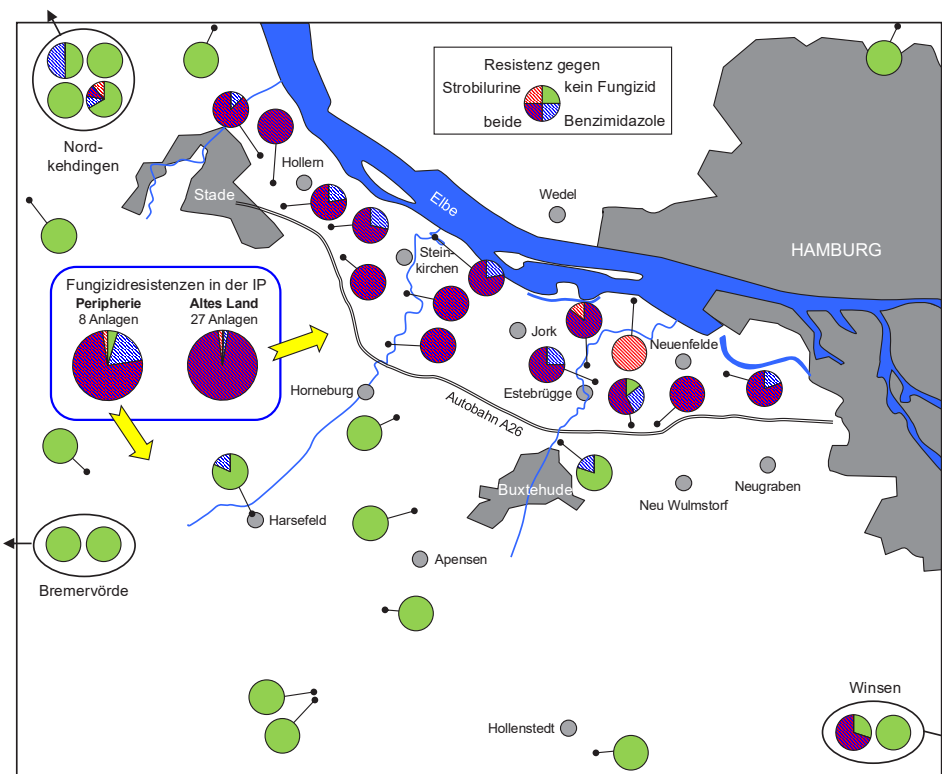


Abb. 2: Die Niederelberegion mit dem Zentrum des Alten Landes (östlich von Stade, südlich der Elbe, westlich von Hamburg und nördlich der A26) und der Peripherie, bestehend aus der Stader Geest (südlich) und Kehdingen (nordwestlich). Jede offene (= mindestens 10 Jahre lang unbewirtschaftete) Anlage ist durch einen Kreis gekennzeichnet. Die Anteile der beprobten Isolate mit Resistenzen gegen Strobilurine und / oder Benzimidazole sind farbig hinterlegt. Der blau umrandete Einschub zeigt eine Zusammenfassung der Resistenzanteile in IP-Anlagen aus dem Alten Land und der Peripherie.

Ausbreitung von Schorffressen in der Fläche

Das Versagen der spezifischen Fungizide durch Resistenzbildung bei *V. inaequalis* war gravierend und erfasste jeweils blitzartig das gesamte Alte Land. Ein für uns wichtiger Punkt betrifft die Benzimidazol- und Strobilurinresistenzen, die nicht nur einen totalen Wirkungsverlust verursachen, sondern für den Pilz auch nach dem Absetzen des jeweiligen Fungizids ohne Nachteil sind: Die mutierten Schorffressen besitzen keinen messbaren Fitnessverlust und können daher selbst dort mit dem Wildtyp konkurrieren, wo die entsprechenden Fungizide nicht mehr eingesetzt werden oder nie eingesetzt worden sind. Dies macht solche Resistenzen zu neutralen genetischen Markern, die es uns ermöglichen, die natürliche Ausbreitung der sie besitzenden Rassen zu verfolgen.

Dass die Resistenzen gegen Benzimidazole und Strobilurine noch nach mehr als 50 bzw. 25 Jahren im Alten Land in Situationen ohne Selektionsdruck nachweisbar waren, belegt eine Unter-

suchung offengelassener Anlagen oder unbehandelter Streuobstbäume aus den Jahren 2021 bis 2025 [Abb. 2]. Innerhalb des Alten Landes dominierte die Doppelresistenz gegen beide Fungizide in der lokalen Schorfpopulation an fast jedem beprobten Standort, während sie in der Peripherie, das heißt auf der Stader Geest und in Kehdingen, im Streuobstbereich fast nirgends zu finden war. Eine wichtige Ausnahme war ein einzelner Straßenbaum im Raum Winsen, der schon 2003 positiv auf die Strobilurinresistenz beprobt worden war. Dort fanden wir sie auch 20 Jahre später wieder, nicht aber an einem anderen Baum nur wenige hundert Meter entfernt. Hingegen waren die Resistenzen gegen beide Fungizide in jeder praxisüblich behandelten IP-Anlage in der Peripherie und erst recht im Alten Land häufig zu finden [Abb. 2, Einschub]. Hier war es in der Peripherie also zu einer Anreicherung durch Selektionsdruck gekommen. Wegen der häufigen Kombination der Resistenzen gegen beide Fungizide reichte der Einsatz eines Mittels, um Resistenzen gegen beide zu selektieren.

Apfelanlagen liegen auf der Stader Geest typischerweise ein bis fünf Kilometer voneinander entfernt. Während einzelne Schorfsporen viele Kilometer weit fliegen können, setzen sie sich ohne einen entsprechenden Selektionsdruck ganz offensichtlich nicht gegen die etablierte Population durch. Solche Populationen sind also genetisch mehr oder weniger isoliert. Im Alten Land hingegen finden wir die Fungizidresistenzen gegen Benzimidazole und / oder Strobilurine überall. Über kurze Distanzen verteilen sie sich also rasch und gleichmäßig. Die Struktur des Alten Landes, bestehend aus langen und sehr schmalen Stücken, sorgt für eine fischgrätenartige Verzahnung von Betrieben unter IP- oder Öko-Bewirtschaftung und begünstigt dadurch diese Durchmischung. Kein Wunder also, dass auch Öko-Anlagen einen hohen Anteil fungizidresistenter Schorffressen aufweisen. Aus der Praxis wissen wir, dass eine stark verschorfte Fläche in erheblichem Ausmaß Ascosporen streut. Selbst bei intensiver Fungizidbehandlung der angrenzenden Anlage macht sich dieser Sporeneintrag dort als allmählich abnehmender Schorfbefall über eine Distanz von etwa vier bis fünf Reihenbreiten (= 15 – 20 m) bemerkbar [Abb. 3]. Ohne die Fungizidmaßnahmen wäre der effektive Ausbreitungsradius noch viel größer. Ein weiterer Faktor, der den Eintrag von fungizidresistenten Rassen von *V. inaequalis* in den Öko-Obstbau begünstigt, ist die Umstellung von vormaligen IP-Flächen auf die ökologische Bewirtschaftung.

Ausbreitung der Rvi6-Resistenzbrechung an der Niederelbe

Die Geschichte der Brechung der monogenetischen (*Rvi6* bzw. *Vf*) Schorffresistenz durch neue Rassen von *V. inaequalis* haben wir für die Niederelbe kürzlich nachgezeichnet [siehe Literatur]. Die ersten Durchbrüche ließen sich 2012 an 'Topaz' nachweisen, 2015 an 'Dalinbel' und 2017 an 'Santana'. In den Folgejahren blieb die Situation unauffällig,

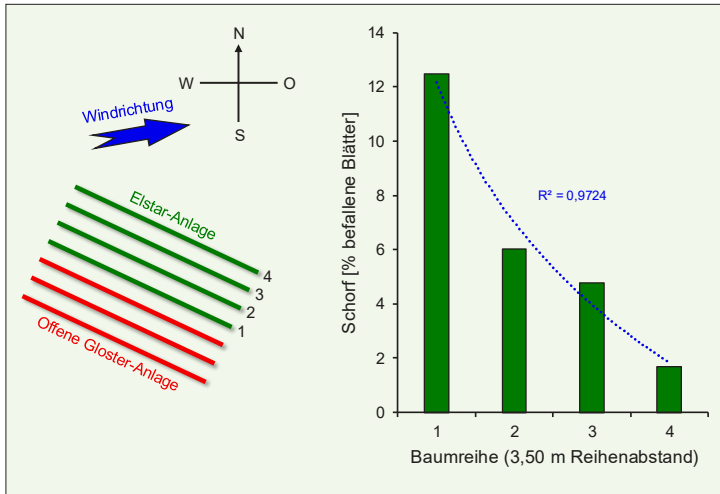


Abb. 3: Ausbreitung von *V. inaequalis* durch Ascosporenflug in einer schweren Schorfinfektion am 26.04. – 29.04.2019 aus einer stark befallenen offenen 'Gloster'-Anlage (rote Reihen) in eine intensiv mit Fungiziden behandelte IP-Ertragsanlage der Sorte 'Elstar' (grüne Reihen). Mit zunehmendem Reihenabstand zur Befallsquelle verringerte sich der Befall an den Langtrieben der 'Elstar'-Anlage exponentiell. Aus Weber & Kruse (2022).

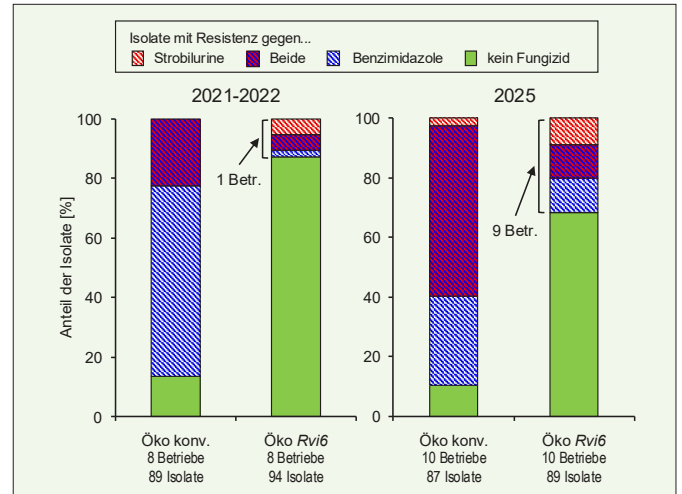


Abb. 5: Anteile der *V. inaequalis*-Isolate mit Resistenzen gegen Benzimidazole und / oder Strobilurine aus Öko-Betrieben der Jahre 2021 – 2022 und 2025. Pro Betrieb wurde jeweils eine Anlage mit konventioneller Sorte und eine Anlage mit *Rvi6*-resistenter (SchoWi) Sorte beprobt. Schorfisolate mit Resistenz gegen mindestens eines der beiden Fungizide wurden an SchoWi-Sorten 2021 – 2022 nur in einem von acht Betrieben gefunden, 2025 in neun von zehn Betrieben. An den konventionellen Sorten fanden sich solche Isolate in jeder Anlage in beiden Beprobungszeiträumen.

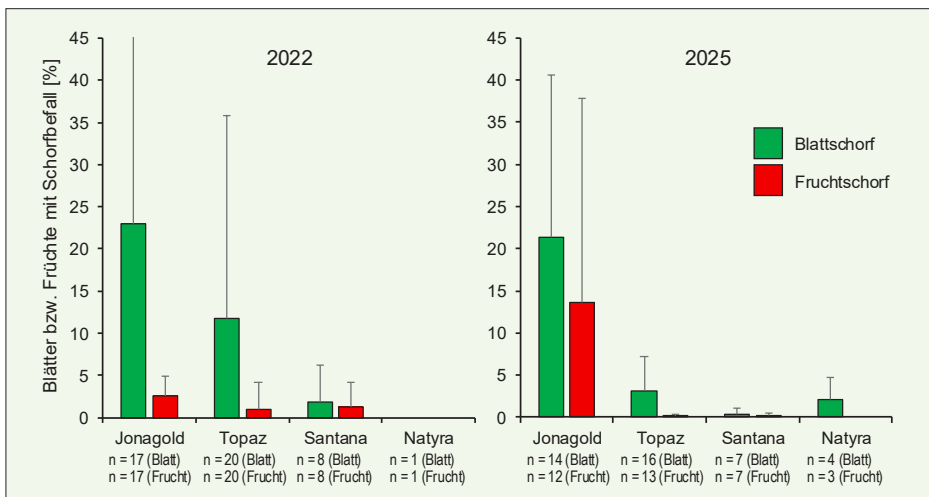


Abb. 4: Blatt- und Fruchtschorfbefall der Jahre 2022 und 2025 an konventionellen Referenzsorten der 'Jonagold'-Gruppe sowie an drei gängigen *Rvi6*-resistenten SchoWi-Sorten im Öko-Anbau an der Niederelbe. Die Anzahl der beprobten Anlagen ist für jede Sorte angegeben. Aus Weber et al. (2026).

bis sich die Durchbrüche im schweren Schorffahr 2021 häuften und fortan eine intensivere Behandlung der schorfwiderstandsfähigen (SchoWi) Sorten empfohlen werden musste.

Unter diesen Bedingungen zeigte die am stärksten von Durchbrüchen betroffene Sorte 'Topaz' einen deutlich geringeren Befall als die hochempfindlichen konventionellen Sorten wie 'Braeburn' oder die 'Jonagold'-Gruppe. Dies belegen unsere umfangreichen vergleichenden Erhebungen der Jahre 2022 und 2025 [Abb. 4]. Man kann daraus auf eine (derzeit) höhere Feldresistenz der SchoWi-Sorten nach der Resistenzbrechung schließen. Zudem lässt der Vergleich von 2022 und 2025 erkennen, dass bei etwa gleich hohem Befall an der 'Jona-

gold'-Gruppe der Schorfbefall an den SchoWi-Sorten zurückgegangen ist. Dies ist ein Anzeichen für ein erfolgreiches Schorfmanagement mutmaßlich durch intensivierten Fungizideinsatz.

Verbindungen zwischen Fungizid-resistenz und *Rvi6*-Brechung

SchoWi-Sorten wurden an der Niederelbe ursprünglich ausschließlich in ökologisch wirtschaftenden Betrieben angebaut. Selbst heute spielen sie in der IP kaum eine Rolle. Die Durchbrüche durch mutationsbedingte Überwindung der *Rvi6*-Resistenz müssen also in einem Öko-Umfeld ohne Selektionsdruck durch IP-Fungizide entstanden sein. Eine Schorffrasse, der dieser Durchbruch gelingt, ist zunächst reproduktiv isoliert, denn nur sie kann sich an SchoWi-Sorten vermehren.

Das zunehmende Auftreten von SchoWi-Durchbrüchen eröffnete in den Jahren 2021 und 2022 erstmals die Möglichkeit, Fungizidresistenztests an solchen Schorffrasen durchzuführen. Das Ergebnis bestätigte die Annahme einer zunächst isolierten, im Öko-Anbau entstandenen Subpopulation: Die Isolate besaßen mit Ausnahme einer Anlage keine Fungizidresistenzen, ganz im Gegensatz zu Schorfisolaten aus direkt benachbarten Anlagen konventioneller Sorten wie 'Braeburn', 'Elstar' oder 'Red Jonaprince' aus denselben Betrieben [Abb. 5].

Drei Jahre später konnten wir eine bedeutende Veränderung beobachten: Nun hatten *Rvi6*-brechende Schorffrasen in vielen Betrieben die Resistenz gegen Strobilurine und Benzimidazole übernommen, obwohl diese Fungizide dort zwischenzeitlich gar nicht eingesetzt worden waren. Die Überwindung der reproduktiven Isolation, also der beginnende genetische Austausch mit den gängigen Schorffrasen des Alten Landes, muss hierfür die Erklärung sein.

Was bedeutet das alles für die Zukunft der Schorffregulierung?

Die hier vorgestellten Ergebnisse mögen abstrakt erscheinen, sie haben jedoch Auswirkungen auf unser Verständnis der Biologie des Schorfpilzes. Sie zeigen uns, dass in einem geschlossenen Anbaubereich wie dem Alten Land mit seinen etwa

8000 Hektar Baumobst (davon 90 Prozent Apfel) die Grenzen zwischen dem ökologischen Anbau und der IP aus Sicht des Schorfpilzes verschwimmen. Der landschaftliche Flickenteppich aus Anlagen beider Produktionsformen auf engstem Raum fördert eine Durchmischung der Schorfpopulation. Veränderungen in einer Produktionsform – Fungizidresistenz in der IP, SchoWi-Durchbrüche im Öko-Anbau – finden ihren Eingang in den kontinuierlich erfolgenden genetischen Austausch durch sexuelle Reproduktion und Bildung der Ascosporen im befallenen überwinternden Laub am Boden. Aus Sicht des Schorfpilzes ist das Alte Land wie eine Schüssel mit der darin schwappenden evolutionären Ursuppe, die eine besonders rasche Anpassung an Veränderungen in der Produktionsweise ermöglicht. Konkret müssen wir damit rechnen, dass es im Alten Land rascher zu Veränderungen in der Aggressivität des Schorfpilzes kommen kann als anderswo. Denkbar wäre beispielsweise, dass wir demnächst auch die ersten *Rvi6*-Resistenzdurchbrüche in der IP sehen könnten. Noch ist uns kein einziger Fall bekannt geworden. Wie auch? Schließlich waren die *Rvi6*-brechenden Schorfrassen bislang sensitiv gegen die in der IP eingesetzten Fungizide! In dieser Hinsicht kann ein großes geschlossenes Gebiet für die Bekämpfung des Schorfpilzes – und ggf. auch vieler weiterer Krankheiten und Schädlinge – ein Standortnachteil sein. Um diesen auszugleichen, müssen wir die Standortvorteile nutzen. Hierzu zählen im Idealfall die erweiterten Möglichkeiten der fokussierten angewandten Forschung, einer intensiveren Beratung und eines engeren Erfahrungsaustausches zwischen den Betrieben. Auch der wirtschaftliche und politische Einfluss eines großen Gebietes könnte genutzt werden, um das Bewusstsein für obstbauliche Krankheiten und die Notwendigkeit ihrer Regulierung in Politik und Öffentlichkeit zu schärfen.

Sind SchoWi-Sorten schon am Ende? Keineswegs! Zum einen sehen wir zum jetzigen Zeitpunkt bei den meisten der gängigen Sorten noch eine relativ hohe Feldresistenz, die zumindest bei gerin-



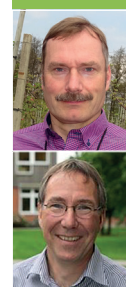
Abb. 6: In die Überwinterung gehendes Laub der SchoWi-Sorte 'Topaz' mit starkem Schorfbefall; Foto: Roland Weber

gem bis mäßigem Befallsdruck eine effektive Schorfbekämpfung bei reduziertem Fungizideinsatz ermöglicht. Selbst bei hohem Befallsdruck und entsprechend intensiver Schorffregulierung sehen wir Vorteile dieser Sorten, die uns unter diesen Bedingungen eine weitgehende Befallsfreiheit ermöglichen. Davon können wir bei den konventionellen Sorten wie 'Braeburn' oder 'Red Jonaprince' mittlerweile nur noch träumen (und viele IP-Betriebsleiter machen mittlerweile ähnliche Erfahrungen). Zum anderen können wir den Druck von solchen SchoWi-Sorten nehmen, indem wir sie zusätzlich zum Einsatz von Fungiziden auch kulturtechnisch bestmöglich schützen. Ganz wichtig ist die Reduzierung des überwinternden Ascosporen-Inokulums [Abb. 6] durch Förderung der Falllaubzersetzung zum Blattfall und im Winter. Die dadurch ermöglichte Reduzierung der Ascosporenausstöße wird zwar keine Fungizidmaßnahmen einsparen, aber den Wirkungsgrad der durchgeführten Spritzungen deutlich erhöhen.

Das Bessere ist der Feind des Guten. Die Sortenzüchtung muss weitergehen und darf dabei nicht, wie in der Vergangenheit, einseitig auf das *Rvi6*-Gen setzen. Es gibt viele weitere spezifische Resistenzgene, deren Kombination (Pyramidisierung) in einer Apfelsorte dem Schorfpilz einen Durchbruch erschweren dürfte. Welche Methoden zum Erreichen dieses Zieles genutzt oder gemieden werden sollen, wird kontrovers debattiert. Unstrittig ist aber, dass alternativ oder zusätzlich in Zukunft stärker auf die Feldresistenz der

Apfelsorten geachtet werden muss. Die Züchtung der vergangenen Jahrzehnte hat eine beklagenswert beschränkte Auswahl von Elternsorten genutzt, der man beim besten Willen keine hohe genetische Vielfalt bescheinigen kann. Das Gegenteil von Vielfalt ist Einfalt. Eine Öffnung des Genpools der Sortenzüchtung unter Einbeziehung von Regionalsorten würde gerade dem Öko-Obstbau mit seiner vermeintlich aufgeklärteren Kundschaft guttun. Entsprechende Züchtungsinitiativen sind aus Sicht des Pflanzenschutzes zu begrüßen. Wenn es die Erzeuger und Vermarkter ökologisch produzierter Äpfel nicht schaffen, sich von 'Braeburn', 'Red Jonaprince' und anderen konventionellen Sorten zu lösen, ist der Schorfpilz der größte Gewinner.

Literatur: Weber, R.W.S. (2026). Rapid mixing of *Venturia inaequalis* populations between IPM and organic apple orchards in the Lower Elbe region. Ecofruit: Proceedings of the International Conference on Organic Fruit-Growing 22: 119-124. Filderstadt: FOEKO.
Weber, R.W.S. & Heyne, P. (2024). Auswirkungen des Klimawandels auf den Apfelschorf (*Venturia inaequalis*). Öko-Obstbau 2/2024: 4-7.
Weber, R.W.S. & Heyne, P. (2025). Welche Verbindungen hat der Obstbaumkrebs zum Apfelschorf? Öko-Obstbau 2/2025: 12-16.
Weber, R.W.S. & Kruse, P. (2022). Analyse der Apfelschorfsaison 2019. Mitteilungen des Obstbauversuchsrings des Alten Landes 77: 407-412.
Weber, R.W.S., Heyne, P. & Oeser, N. (2026). Resistenzdurchbrüche bei schorfwiderstandsfähigen Apfelsorten an der Niederelbe 2025. Mitteilungen des Obstbauversuchsrings des Alten Landes 81: 101-108.



PROF. DR. ROLAND W. S. WEBER
LWK Niedersachsen
Aarhus Universitet, Dänemark
roland.weber@lwk-niedersachsen.de

PETER HEYNE
ÖON Versuchs- und Beratungsring e.V.
peter.heyne@esteburg.de