

Print: ISSN 1867-0911
Internet: ISSN 1867-0938
Band 74 | Nr. 07-08
2022



Journal für Kulturpflanzen

Journal of Cultivated Plants



Online Version: <https://ojs.openagrar.de/index.php/Kulturpflanzenjournal/index>

Journal für Kulturpflanzen vereint mit Pflanzenbauwissenschaften

Print: ISSN 1867-0911, Internet: ISSN 1867-0938

Website: <https://ojs.openagrar.de/index.php/Kulturpflanzenjournal>

Charakteristik

Bei uns steht die Kulturpflanze mit all ihren Facetten im Mittelpunkt. Alle publizierten Beiträge haben einen starken Bezug zur angewandten Forschung und unterstreichen die Bedeutung und Chancen der gewonnenen Erkenntnisse für die land- und gartenbauliche Praxis. Im Bereich der Forschung an Kulturpflanzen nehmen wir Beiträge aus allen einschlägigen Fachgebieten entgegen, z. B. Bodenkunde, Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft, Garten-, Obst- und Weinbau, Pflanzengenetik und Pflanzenzüchtung, Pflanzenschutz und Pflanzengesundheit sowie Agrartechnik.

Wir publizieren deutsch- und englischsprachige Original- und Übersichtsarbeiten sowie Kurzmitteilungen. Im redaktionellen Teil der Zeitschrift erscheinen außerdem Nachrichten, Personalien und Buchbesprechungen sowie Mitteilungen einschlägiger Fachgesellschaften.

Verantwortlicher Herausgeber / Editor-in-Chief

Prof. Dr. Frank Ordon, Präsident und Professor des Julius Kühn-Instituts – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Erwin-Baur-Str. 27, 06484 Quedlinburg

Schriftleitung / Managing Editor

Dr. Anja Hühnlein, Julius Kühn-Institut – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Erwin-Baur-Str. 27, 06484 Quedlinburg, Tel.: 03946/47-2206, E-Mail: journal-kulturpflanzen@julius-kuehn.de

Co-Schriftleitung

Dr. Heike Riegler (JKI Quedlinburg)

Co-Schriftleitung Pflanzenbauwissenschaften

Prof. Dr. Hans-Peter Kaul (Universität für Bodenkultur Wien)

Redaktionsbeirat / Editorial Board

Prof. Dr. Henryk Flachowsky (JKI Dresden)

Prof. Dr. Simone Graeff-Hönniger (Universität Hohenheim)

Prof. Dr. Jörg Michael Greef (JKI Braunschweig)

Prof. Dr. Johannes Hallmann (JKI Braunschweig)

Dr. Olaf Hering (JKI Berlin)

Prof. Dr. Johannes Jehle (JKI Darmstadt)

Prof. Dr. Wilhelm Jelkmann (JKI Dossenheim)

Dr. Hella Kehlenbeck (JKI Kleinmachnow)

Dr. Heinz-Josef Koch (Institut für Zuckerrübenforschung Göttingen)

Dr. Andrea Krähmer (JKI Berlin)

Prof. Dr. Carola Pekrun (Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen)

Dr. Jens Pistorius (JKI Braunschweig)

Dr. Bernhard Carl Schäfer (JKI Braunschweig)

Prof. Dr. Frank Marthe (JKI Quedlinburg)

Prof. Dr. Hartmut Stützel (Leibniz Universität Hannover)

Prof. Dr. Friedhelm Taube (Christian-Albrechts-Universität zu Kiel)

Prof. Dr. Reinhard Töpfer (JKI Siebeldingen)

Dr. Ute Katharina Vogler (JKI Braunschweig)

Prof. Dr. Jens Karl Wegener (JKI Braunschweig)

Dr. Peter Wehling (JKI Groß Lüsewitz)

Dr. Ralf Wilhelm (JKI Quedlinburg)

Prof. Dr. Peter Zwerger (JKI Braunschweig)

Wissenschaftlicher Beirat

Prof. Dr.-Ing. Frank Beneke (Georg-August-Universität Göttingen)

Prof. Dr. Klaus Dittert (Georg-August-Universität Göttingen)

Prof. Dr. Wolfgang Friedt (Justus-Liebig-Universität Gießen)

Prof. Dr. Bernward Märländer (Institut für Zuckerrübenforschung Göttingen)

Elmar Pfülb (Bundessortenamt Hannover)

Mag. Astrid Plenk (AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH)

Dr. Ellen Richter (Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen)

Prof. Dr. Joseph-Alexander Verreet (Christian-Albrechts-Universität zu Kiel)

Manuskripteinreichung

Bitte reichen Sie Original- und Übersichtsarbeiten sowie Kurzmitteilungen und Nachrichten über das elektronische Zeitschriftenverwaltungssystem ein:

<https://ojs.openagrar.de/index.php/Kulturpflanzenjournal>.

Um die Einreichung zu beginnen, registrieren Sie sich als Nutzer der Zeitschrift über einen Klick auf „Registrieren“ im oberen rechten Bildschirmrand. Nach erfolgreicher Manuskripteinreichung erhalten Sie eine Bestätigung per E-Mail. Indem Sie sich mit Ihrem Benutzernamen und Passwort im System anmelden, können Sie jederzeit den Status Ihrer Einreichung einsehen.

Bei Fragen zur Manuskripteinreichung kontaktieren Sie gern die Schriftleiterin Dr. Anja Hühnlein (Tel.: 03946 47-2206, E-Mail: journal-kulturpflanzen@julius-kuehn.de).

Verlag

Julius Kühn-Institut (JKI) – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Erwin-Baur-Str. 27, 06484 Quedlinburg

Realisierung

Layout-Design: Anja Wolck (JKI Berlin)

Technische Implementierung und Produktion: mediaTEXT Jena GmbH, Richard-Sorge-Straße 6B, 07747 Jena.

Druck

ROCO Druck GmbH, Neuer Weg 48 A, 38302 Wolfenbüttel.

Copyright

Seit Januar 2019 werden alle Beiträge im Journal für Kulturpflanzen als Open-Access-Artikel unter den Bedingungen der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (CC BY 4.0) zur Verfügung gestellt (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>).

Carlotta Bauer¹, Alexander Fekete¹, Stefan Kühne², Peter Baufeld³

Abschätzung des klimawandelinduzierten Gefahrenpotentials von Feldheuschrecken (Acrididae) als Schädlinge für die zukünftige deutsche Landwirtschaft

Assessment of climate change-induced hazard potential of locusts (Acrididae) as pest for future German agriculture

Affiliation

¹Technische Hochschule Köln, Institut für Rettungsingenieurwesen und Gefahrenabwehr, Köln.

²Julius Kühn-Institut (JKI) – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Strategien und Folgenabschätzung, Kleinmachnow.

³Julius Kühn-Institut (JKI) – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für nationale und internationale Angelegenheiten der Pflanzengesundheit, Kleinmachnow.

Kontaktanschrift

Prof. Dr. agr., Dr. habil. Stefan Kühne, Julius Kühn-Institut (JKI) – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Strategien und Folgenabschätzung, Stahnsdorfer Damm 81, 14532 Kleinmachnow, E-Mail: stefan.kuehne@julius-kuehn.de

Zusammenfassung

Der Klimawandel begünstigt die Ansiedlung neuer Schadorganismen in Deutschland, die hier nun geeignete Lebensräume finden. Feldheuschrecken treten in südeuropäischen Ländern immer wieder als Landwirtschaftsschädlinge auf. Es wird daher untersucht, ob durch die klimawandelbedingte Nordverschiebung wärmerer Zonen klimatisch geeignete Lebensräume für Feldheuschrecken in Deutschland entstehen und landwirtschaftlich genutzte Flächen dadurch betroffen sein können. Mit der Software CLIMEX wird die mögliche Verbreitung der Italienischen Schönschrecke (*Calliptamus italicus* (L., 1758)), der Marokkanischen Wanderheuschrecke (*Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815)) und der Europäischen Wanderheuschrecke (*Locusta migratoria* (L., 1758)) für 20 Standorte in Deutschland in sechs Szenarien modelliert. Diese Szenarien werden durch die Kombination der beiden Betrachtungszeiträume 2021–2050 und 2071–2100 mit den drei Klimaprojektionen RCP2.6, RCP4.5 und RCP8.5 definiert. Aufgrund der Untersuchung ist zu erwarten, dass *C. italicus* sich in Deutschland stark verbreiten wird, während *D. maroccanus* und *L. migratoria* nur kleine und lokale Populationen ausbilden könnten. Heuschreckenschwärme können an den betrachteten Standorten potentiell pflanzliche Erzeugnisse auf etwa 10 – 25 % der landwirtschaftlichen Fläche in Deutschland bedrohen, ihr Auftreten wird allerdings als unwahrscheinlich eingeschätzt, da die intensive Nutzung von Grünlandflächen bisher nur unzureichende Vermehrungsbedingungen bietet. Die Schaffung größerer Brachflächen im Rahmen von Umweltschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen könnte dies zukünftig ändern. Zusätzlich sollten Schwarmbildungen im Ausland und mögliche Migrationsrouten nach Deutschland untersucht werden. Weiterhin wird die Entwicklung von Konzepten zur Prävention und Intervention

für den Fall einer Heuschreckeninvasion empfohlen. Insgesamt ist jedoch aktuell von einem geringen Gefahrenpotential von Feldheuschrecken für die deutsche Landwirtschaft auszugehen.

Stichwörter

Schädlinge, Klimawandel, Heuschrecken, CLIMEX, Artverbreitungsmodellierung, *Calliptamus italicus*, *Locusta migratoria*, *Dociostaurus maroccanus*

Abstract

Climate change favors the establishment of new pests in Germany, which now find suitable habitats here due to the changed climate. Field locusts occur repeatedly as agricultural pests in southern European countries. Therefore, it is investigated whether the climate change-induced northward shift of warmer zones can create climatically suitable habitats for field locusts in Germany and whether agricultural areas can be affected by this. The CLIMEX software is used to model the possible distribution of the Italian locust (*Calliptamus italicus* (L., 1758)), the Moroccan locust (*Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815)) and the Migratory locust (*Locusta migratoria* (L., 1758)) for 20 locations in Germany in six scenarios. These result from the combination of the two observation periods 2021 – 2050 and 2071 – 2100 with the three climate projections RCP2.6, RCP4.5 and RCP8.5. Based on the study, *C. italicus* is expected to spread widely in Germany, whereas *D. maroccanus* and *L. migratoria* might form only small and local populations. Locust swarms can potentially threaten crop products on around 10 – 25% of the agricultural area in Germany at the sites considered, but are unlikely to occur, since



(c) Die Autoren/Die Autorin 2022

Dies ist ein Open-Access-Artikel, der unter den Bedingungen der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (CC BY 4.0) zur Verfügung gestellt wird (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>).

Zur Veröffentlichung eingereicht/angenommen: 7. März 2022/30. Juni 2022

the intensive use of grassland areas provides insufficient conditions for reproduction. The creation of larger fallow areas as part of environmental protection and climate adaptation measures could change this in the future. In addition, swarm formation in neighbouring countries and possible migration routes to Germany should be investigated. Furthermore, the development of concepts for prevention and intervention in the event of a locust invasion is recommended. Overall, however, a low risk potential of field locusts for German agriculture is currently assumed.

Key words:

Crop Pest, Climate Change, Locusts, CLIMEX, Species Distribution Model, *Calliptamus italicus*, *Locusta migratoria*, *Dociostaurus maroccanus*

Einleitung

Die deutsche Landwirtschaft kann grundsätzlich als eine kritische Infrastruktur verstanden werden, da sie u. a. Nahrungsmittel und Nutzpflanzen herstellt, die für die Versorgung der Bevölkerung essentiell sind (Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK), Wissenschaftsforum, 2019). Der Schutz der landwirtschaftlichen Produktion gegenüber Gefahren wie Pflanzenschädlingen ist daher unerlässlich. Da der Klimawandel neben anderen Auswirkungen auch die Verschiebung der Verbreitungsgebiete von Arten zur Folge hat (Warren et al., 2011; Caminade et al., 2012; Renner et al., 2021), wird auch die deutsche Landwirtschaft bereits mit neuen Schädlingen wie der Kirschessigfliege (*Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931)) (Asplen et al., 2015) oder dem Westlichen Maiswurzelbohrer (*Diabrotica virgifera* (LeBronte, 1858)) (Aragón & Lobo, 2012) konfrontiert. Ähnliche Trends werden bei Wanderheuschrecken wie der Wüstenheuschrecke (*Schistocerca gregaria* (Forsskål, 1775)) (Chen et al., 2020a) und der Italienischen Schönschrecke (*Calliptamus italicus* (L., 1758)) (Qin et al., 2013; Popova et al., 2016) festgestellt.

Neben der Ausbreitung in Deutschland können auch Schwarmbildungen im Ausland eine Gefahr für die deutsche Landwirtschaft darstellen, da die Schwärme zwischen 10 km (Marokkanische Wanderheuschrecke) und 200 km (Europäische Wanderheuschrecke) täglich zurücklegen können (Latchinsky, 2013). So können insgesamt Strecken bis zu 1000 km überwunden werden, was in etwa der Entfernung zwischen Sardinien und Frankfurt am Main oder Andorra und Köln entspricht. Zudem können Einschleppungen von nichtendemischen Heuschreckenarten durch den Menschen über große Distanzen nicht ausgeschlossen werden. So wurde im Jahr 2021 mit dem Personenflugverkehr eine bisher taxonomisch nicht bestimmte Heuschreckenart von Istanbul (Türkei) auf die Seychellen eingeschleppt (Pointe, 2021). In den USA stellen Heuschrecken bedeutende Schädlinge in der Landwirtschaft dar und verursachen immer wieder Katastrophen. Das United States Department for Agriculture (USDA) wendete im Jahr 2020 5 Millionen US-Dollar zur Bekämpfung

von Heuschrecken und der Eingrenzung von Heuschreckenschwärmen auf (van der Voo, 2021). Es handelt sich dabei um Arten, die an die gemäßigten Klimate angepasst sind und mit einer zunehmenden Erwärmung zu Katastrophen neigen.

Es ist daher notwendig, die potentielle Verbreitung neuer Heuschreckenarten als Schädlinge in Deutschland zu untersuchen, um potentielle Gefahren für die Landwirtschaft frühzeitig zu identifizieren. Nur so können rechtzeitig Handlungsbedarfe erkannt sowie Konzepte und Maßnahmen zum Schutz der Landwirtschaft entwickelt werden. Die vorliegende Arbeit untersucht die Fragestellung, ob in Deutschland zukünftig geeignete klimatische Bedingungen für die Verbreitung von Feldheuschrecken herrschen und ist somit nicht nur für die Landwirtschaft, sondern auch für den Bevölkerungsschutz von Interesse.

Heuschreckenschwärme als landwirtschaftliche Plage in früheren Jahrhunderten

Heuschreckenschwärme zählen zu den ältesten Landwirtschaftsschädlingen der Menschheitsgeschichte und finden als von Gott gesandte Plagen Erwähnung in der Bibel, dem Koran und der Torah (Simpson & Sword, 2008). In der Geschichte haben unterschiedliche Heuschreckenarten auf verschiedenen Kontinenten immer wieder für verheerende landwirtschaftliche Schäden gesorgt (Simpson & Sword, 2008; Medina et al., 2017; Rai & Sharma, 2020). Von Bedeutung sind dabei im Wesentlichen etwa 10 – 15 Arten aus der Familie der Feldheuschrecken (Orthoptera: Acrididae) (Solter et al., 2012).

Auch in Mitteleuropa traten in früheren Jahrhunderten (insb. im 5., 9., und 14. – 16. Jhd.) Heuschreckenschwärme auf (Rohr, 2010). Es handelte sich dabei um Populationen der Europäischen Wanderheuschrecke *Locusta migratoria* (L., 1758), möglicherweise kam vereinzelt auch die Marokkanische Wanderheuschrecke *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815) vor (Köhler & Aßhoff, 2002). Ihr Auftreten erfolgte in besonders warmen, trockenen Sommern bzw., wenn nach außergewöhnlich trockenen Perioden Regenfälle einsetzten (Köhler & Aßhoff, 2002). Die Schwärme entwickelten sich meist in der Ungarischen Tiefebene und migrierten bei trockenem Wetter und ausreichenden Ostwinden entweder nördlich der Alpen über Österreich und Tschechien bis nach Westdeutschland oder südlich der Alpen über die slawonische Tiefebene und Norditalien nach Süddeutschland (Rohr, 2010). Dort fraßen sie die Vegetation auf Wiesen und Feldern nieder (Oberhessische Presse, 2015). Besonders betroffen von der Zerstörung waren Getreidefelder und -vorräte bzw. Saatgut, was zu lokalen Hungersnöten führte (Köhler & Aßhoff, 2002).

Die Bekämpfung der Schädlinge wurde auf unterschiedlichste Art und Weise versucht: Von Gebeten und Glockenläuten über Kanonen- und Gewehrschüsse bis zum gezielten Legen von Feuern unter den befallenen Bäumen blieb nichts unversucht, jedoch waren die Bemühungen zumeist erfolglos (zur Strassen, 1926). Erst mit dem Einzug der Kleinen Eiszeit vom 16. bis frühen 19. Jahrhundert wurden Heuschreckenschwärme in Mitteleuropa seltener (Rohr, 2010).

Aktuelle Vorkommen von Feldheuschrecken in Europa

Heutzutage ist ca. ein Viertel der Feldheuschreckenarten in Europa vom Aussterben bedroht (Hochkirch et al., 2016). Mit der Italienischen Schönschrecke, der Europäischen Wanderheuschrecke und der Marokkanischen Wanderheuschrecke sind jedoch drei der wirtschaftlich relevantesten Arten in Europa vertreten und nicht bedroht (Hochkirch et al., 2016; DGfO, 2021; FAO, 2021c; Rutschmann, 2021a).

Dass sie auch heute noch eine Gefahr für die europäische Landwirtschaft darstellen können, zeigt die jüngste Vergangenheit: Im Jahr 2004 wurde Nordafrika von außerordentlich großen Schwärmen der Wüstenheuschrecke heimgesucht. Starke Winde ermöglichten es den Heuschrecken, das Mittelmeer zu überqueren und nach Spanien und Portugal einzufallen (FAO, 2004). Im Sommer 2005 führten hohe Temperaturen in Südfrankreich zur Schwarmbildung der dort heimischen Rotflügeligen Schnarrschrecke (*Psophus stridulus* (L., 1758)), die daraufhin Felder und Wiesen kahl fraß (Frankfurter Allgemeine Zeitung, 2005). Gleich zwei Jahre in Folge, nämlich in den Jahren 2019 und 2020, war die italienische Insel Sardinien von Invasionen der Marokkanischen Heuschrecke betroffen, die auf mehreren tausend Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche schwere Schäden an der Vegetation hinterließ (Carlone & Sestito, 2020; Deutsche Welle, 2021).

In Deutschland sind derlei Ereignisse in jüngerer Zeit nicht zu verzeichnen, denn während *C. italicus* zur Kategorie 1 der Rote Liste Arten in Deutschland zählt (vom Aussterben bedroht) (Maas et al., 2002), gilt *L. migratoria* in Deutschland als ausgestorben, und *D. maroccanus* kommt bislang nicht nördlich des 49. Breitengrades vor (Rutschmann, 2021b; FAO, 2021c).

Da vor dem Hintergrund des globalen Klimawandels eine Nordwanderung wärmeliebender Spezies beobachtet werden kann, ist die Fragestellung zu untersuchen, ob durch die Klimaveränderungen in Deutschland zukünftig die hier genannten Heuschreckenarten als landwirtschaftliche Schädlinge auftreten und welche Bedingungen hierfür vorliegen müssen. *Calliptamus italicus* gehört zu den xerothermophilen Arten und bevorzugt Zwergstrauchheiden in Kombination mit Sandtrockenrasen, Steinschutthalden und Sanddünen (Borries et al., 1995, Abb. 1). Eine aktuelle Untersuchung zur Habitatänderung von Grashüpfern zeigt, dass *C. italicus* bereits jetzt neue, insbesondere auch höher gelegene Gebiete in Deutschland besiedelt (Poniatowski et al., 2020). Abbildung 2 zeigt die aktuellen Ausbreitungsgebiete.

Berichte über Massenvermehrungen dieser Art liegen in den 1990er Jahren aus praktisch allen Steppenregionen Südrusslands vor, in denen man Bekämpfungsmaßnahmen auf mehr als 200.000 ha durchgeführt hat (Stolyarov, 2000). Auch *Dociostaurus maroccanus* bewohnt offene, steppenartige Flächen, in denen eine Vegetation aus Xerophyten vorherrscht (Malakhov & Zlatanov, 2020). Kritisch für das Populationswachstum und somit auch für Massenvermehrungen dieser Art sind Regenfälle im Frühjahr, die die Vegetation schlagartig wachsen lassen und so für ein großes Nahrungsangebot der jungen Heuschrecken sorgen (Latchinsky, 1998). Die Euro-

päische Wanderheuschrecke hat mit ihren verschiedenen Unterarten das größte Verbreitungsgebiet der betrachteten Arten und kommt in Teilen Afrikas und Asiens sowie in Australien, Neuseeland und dem mediterranen Südeuropa, z. B. Frankreich, Italien, Portugal, Schweiz und Spanien vor (CABI, 2022). Sie besiedelt dort überwiegend Areale an Fluss-, See- oder Meeresufern mit niedriger Vegetation innerhalb steppenartiger Landschaften (FAO, 2021a). Wie auch bei den



Abb. 1. Rosarote Hinterflügel und hellrot gefärbte Schienen (Tibia) der Hinterbeine sind Bestimmungsmerkmale der Italienischen Schönschrecke (*Calliptamus italicus*) (Foto: Kühne, JKI).

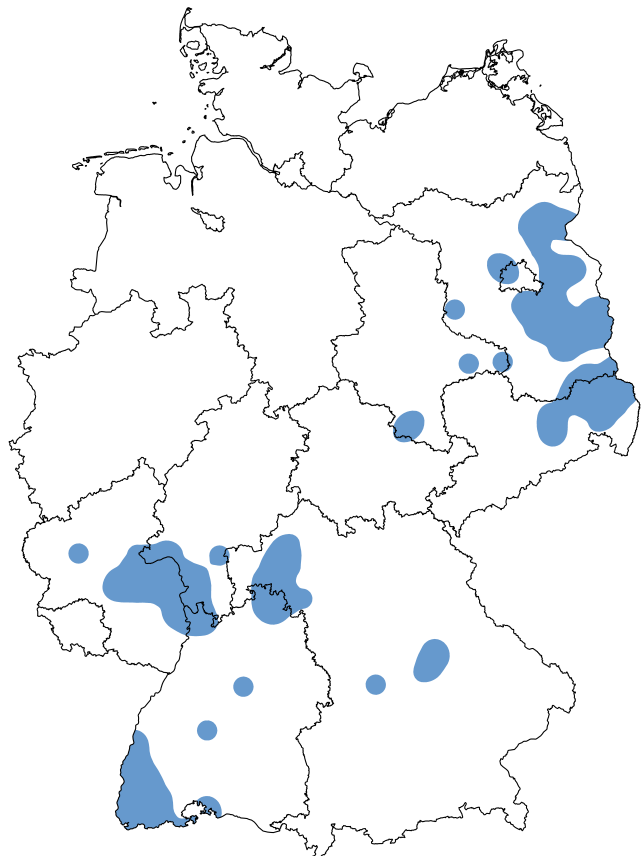


Abb. 2. Aktuelle Ausbreitungsgebiete von *C. italicus*. Quelle: Fischer et al., 2020

anderen Arten sind Massenvermehrungen neben den Habitateneigenschaften an günstige Wetterbedingungen gebunden (FAO, 2021a). Das Nahrungsspektrum der Heuschrecken umfasst eine Vielzahl von Pflanzen, darunter Gräser, Blattwerk und Zweige von Bäumen und Sträuchern, Obst und Gemüse sowie verschiedene Getreidearten (Steedman, 1990; Tarai & Doumandji, 2009). Somit gefährden Heuschreckenschwärme nicht nur die Nahrungsgrundlage von Menschen, sondern häufig auch Futterpflanzen für Nutz- und heimische Wildtiere.

Material und Methoden

Klimawandelszenarien

Für die Untersuchung des potentiellen zukünftigen Vorkommens von *C. italicus*, *D. maroccanus* und *L. migratoria* in Deutschland werden zunächst verschiedene Klimawandelszenarien definiert. Dazu werden die drei Repräsentativen Konzentrationspfade RCP2.6, RCP4.5 und RCP8.5 (geringe, mittlere und starke Klimaänderung) mit den beiden Zeiträumen 2021 – 2050 und 2071 – 2100 (nahe und ferne Zukunft) kombiniert (Umweltbundesamt, 2017). Für die sechs sich ergebenden Szenarien werden die Änderungen der Klimaparameter Temperatur und Niederschlag ermittelt (vgl. Tab. 1). Die entsprechenden Klimadaten werden aus dem Projekt Euro-CORDEX bezogen, welches feinmaschig aufgelöste Daten anhand der neu entwickelten Klimaprojektionen für Europa bereitstellt (Helmholtz-Zentrum hereon GmbH, 2021).

Modellierung der Verbreitung

Die Software CLIMEX der staatlichen Behörde Australiens für wissenschaftliche und industrielle Forschung CSIRO (Canberra, Australien) bietet ein dynamisches Modell, das die Entwicklung einer Population in Abhängigkeit klimatischer Faktoren berechnet und hierbei auch die Extrapolation über bekannte Daten hinaus, beispielsweise für die Untersuchung verschiedener Klimawandelszenarien, ermöglicht (Beddow et al., 2010). Wie die meisten Modelle zur Artverbreitung stützt sich CLIMEX auf die Annahme, dass von der bekannten Verbreitung einer Spezies Rückschlüsse auf ihren klimatischen Toleranzbereich gezogen werden können (Kriticos et

al., 2015). Im Gegensatz zu vielen anderen Modellen dient CLIMEX jedoch nicht dazu, die von einer Population besiedelten Gebiete näher zu beschreiben, sondern die limitierenden Faktoren herauszuarbeiten, um somit auf Grundlage der klimatischen Eignung die äußersten Grenzen eines möglichen Verbreitungsgebietes zu ermitteln. Insbesondere im Kontext des Schädlingsmanagements können so Risikogebiete einer Invasion neuer Schädlinge identifiziert werden (Beddow et al., 2010). Dazu werden klimatische Wachstumsfaktoren und Stressoren einer Art zunächst auf Grundlage der bekannten Verbreitung und Literaturwerten ermittelt und anschließend im sog. „Ökoklimatischen Index“ („Ecoclimatic Index“ – EI) mit den jeweiligen Standortinformationen (Temperatur, Bodenfeuchte, ggf. Licht) verrechnet. Der Ökoklimatische Index gibt somit die klimatische Eignung eines Standortes für eine Spezies im Jahresverlauf auf einer Skala von 0 – 100 an, wobei ein EI von 30 bereits eine sehr gute Eignung bedeutet; ein EI von 100 ist dem Hersteller zufolge fast ausschließlich unter Laborbedingungen zu erreichen (Kriticos et al., 2015).

Als Grundlage für die ökoklimatischen Parameterprofile der hier betrachteten Arten (vgl. Tab. 2) dienen die in CLIMEX enthaltenen Templates (Kriticos et al., 2015), die bekannten Verbreitungsgebiete (z. B. FAO, 2021b) und Literaturdaten für diese oder verwandte Spezies (TANAKA, 1994; Magor & Roffey, 2003; Santiago-Alvarez et al., 2003; Olfert et al., 2011; Ren et al., 2016; Malakhov et al., 2018; Chen et al., 2020b; Nik et al., 2020). Ausgehend von den initialen Werten werden die Parameter manuell verändert und iterativ angepasst, bis die simulierte Verbreitung unter aktuellen Klimabedingungen mit der bekannten Verbreitung übereinstimmt (Kriticos et al., 2015).

Mit Hilfe der Parameter wird anschließend die Entwicklung von Populationen für die verschiedenen klimatischen Bedingungen der sechs definierten Klimawandelszenarien untersucht. Da die Untersuchung zunächst für eine erste Einschätzung des Gefahrenpotentials durch Heuschrecken dienen soll, werden lediglich die 20 Standorte betrachtet, für die in CLIMEX bereits Klimadaten aus Messstationen hinterlegt sind. Diese sind Berlin, Bremen, der Brocken, Dresden, Frankfurt, Freiburg, Hamburg, Hannover, Helgoland, Hof, Kassel, Kiel, Köln, Leipzig, Lüneburg, München, Münster, Nürnberg, Stuttgart und die Zugspitze (s. Abb. 3).

Tab. 1. Definierte Klimawandelszenarien aus der Kombination der gewählten Klimaprojektionen und Betrachtungszeiträume sowie Änderungen in Temperatur und Niederschlag nach Helmholtz-Zentrum Geesthacht (2021)

Szenario	Projektion	Zeitraum	Temperaturänderung [°C]		Niederschlagsänderung [%]	
			Winter	Sommer	Winter	Sommer
1	RCP2.6	2021-2050	+1	+1.4	+12	-11
2	RCP2.6	2071-2100	+1.2	+1.2	+13	-5
3	RCP4.5	2021-2050	+1.2	+1.4	+9	-4
4	RCP4.5	2071-2100	+2.5	+2.2	+18	-8
5	RCP8.5	2021-2050	+2.2	+1.4	+23	-3
6	RCP8.5	2071-2100	+4	+4	+19	-17

| Tab. 2. Ökologische Parameter für *Calliptamus italicus* (L., 1758), *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815) und *Locusta migratoria* (L., 1758)

Parameter	<i>Calliptamus italicus</i>	<i>Dociostaurus maroccanus</i>	<i>Locusta migratoria</i>
DV0 Unterer Grenzwert Temperatur [°C]	10	12	12
DV1 Unterer Optimalwert Temperatur [°C]	17	17	15
DV2 Oberer Optimalwert Temperatur [°C]	28	37	26
DV3 Oberer Grenzwert Temperatur [°C]	35	39	30
SM0 Unterer Grenzwert Bodenfeuchte	0,01	0,0001	0,01
SM1 Unterer Optimalwert Bodenfeuchte	0,03	0,001	0,1
SM2 Oberer Optimalwert Bodenfeuchte	0,3	0,7	0,3
SM3 Oberer Grenzwert Bodenfeuchte	0,5	0,9	0,6
DPD0 Diapause-einleitende Tageslänge [h]	10	10	11
DPT0 Diapause-einleitende Temperatur (durchschnittl. wöchentliches Maximum) [°C]	11	10	5
DPT1 Diapause-beendende Temperatur (durchschnittl. Wöchentliches Maximum) [°C]	6	10.5	0
DPD Entwicklungstage in der Diapause	90	30	-90
DPSW Sommer- oder Winterdiapause („0“ für Winter-, „1“ für Sommerdiapause)	0	0	0
TTCS Kältestress Grenzwert Temperatur [°C]	-18	3	-18
THCS Kältestress Akkumulationsrate	-0,0001	-0,0001	-0,0001
DTCS Kältestress Grenzwert Grad-Tage	15	15	15
DHCS Kältestress Akkumulationsrate 2	-0,0001	-0,00005	-0,0001
TTHS Hitzestress Grenzwert Temperatur [°C]	35	39	32
THHS Hitzestress Akkumulationsrate	0,0005	0,002	0,0005
DTHS Hitzestress Grenzwert Grad-Tage	0	0	0
DHHS Hitzestress Akkumulationsrate 2	0	0	0
SMDS Trockenstress Grenzwert Bodenfeuchte	0,01	0	0,01
HDS Trockenstress Akkumulationsrate	-0,003	0	-0,001
SMWS Nässestress Grenzwert Bodenfeuchte	0,6	1	0,9
HWS Nässestress Akkumulationsrate	0,0038	0,0015	0,005
DTCW Kalt-Nass Grenzwert Grad-Tage	-	15	22
MTCW Kalt-Nass Grenzwert Bodenfeuchte	-	0,6	0,6
PCW Kalt-Nass-Stress Akkumulationsrate	-	0,01	0,008

Landwirtschaftliches Risikopotential

Um die potentielle Gefährdung der Landwirtschaft zu bestimmen, werden die betrachteten Standorte in das frei verfügbare Geoinformationssystem QGIS übertragen und mit Landnutzungsdaten abgeglichen. Hierzu wird der Datensatz CORINE Land Cover 5 ha (CLC5 2018) (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2020) verwendet, der die Landoberfläche nach ihrer Nutzungsart in verschiedene Klassen differenziert. Für die vorliegende Untersuchung wird die Klasse 2 betrachtet, welche die landwirtschaftlich genutzten Flächen beinhaltet. Da die einzelnen Standorte keine flächige Untersuchung ermöglichen, wird für den Abgleich ein Puffer um die Standorte gelegt. Dies beruht auf der Annahme, dass ein untersuchter Standort das Mesoklima der umliegenden Fläche in einer gewissen Entfernung repräsentiert. Mesoklimatische Räume werden üblicherweise in einer Größenordnung zwischen 100 km² und 10.000 km² betrachtet. In der vorliegenden Untersuchung werden keine Geländedaten einbezogen, die das Mesoklima beeinflussen, weshalb große Flächen mit

Unsicherheiten belegt sind. Andererseits soll im Rahmen der Risikoeinschätzung eine großzügig ausgelegte Betrachtung stattfinden (Deutscher Bundestag, 2019). Es wird daher eine Fläche im mittleren Bereich der Spannweite gewählt und der Radius der Pufferzonen auf 30 km bemessen (hieraus ergibt sich eine jeweilige Fläche von ca. 2.800 km²). Anschließend werden die gebildeten Pufferflächen mit den Flächen der einzelnen Landnutzungsarten (nicht bewässertes Ackerland, Weinbauflächen, Obst- und Beerenobstbestände, Wiesen und Weiden) verschnitten und die Schnittfläche berechnet.

Ergebnisse

Der Einfluss der betrachteten Klimaveränderungen auf die Eignung der Standorte für die Italienische Schönschrecke wird in den Szenarienbildern in Abb. 4 dargestellt. Die Größe der blauen Marker gibt dabei den Ökologischen Index an, der mit zunehmendem Klimawandel und fortschreitender Zeit tendenziell steigt. Bei den mit einem × dargestellten Messpunkten handelt es sich teilweise um Standorte im Gebirge

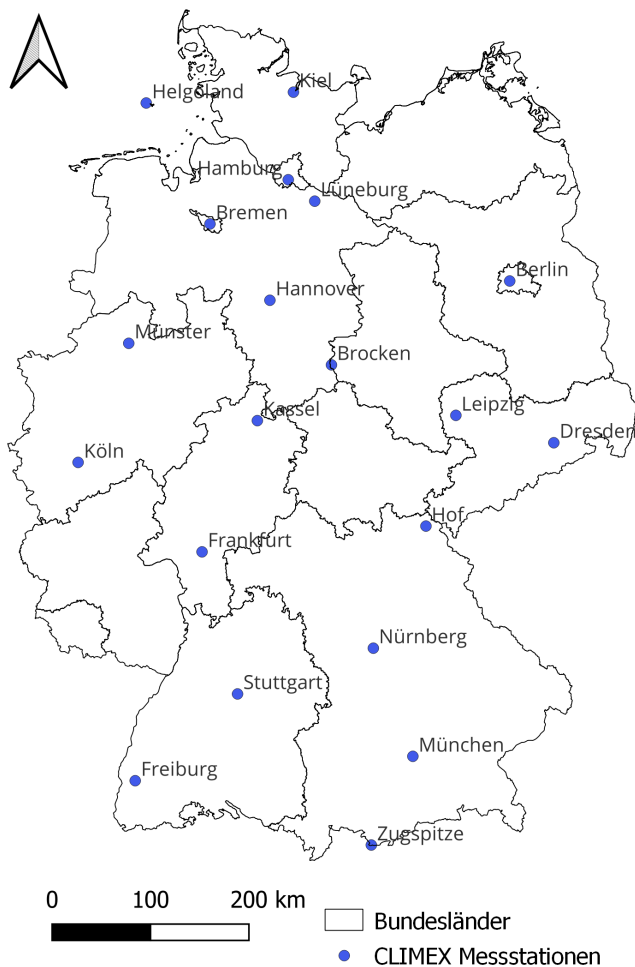


Abb. 3. Die in der Untersuchung betrachteten Standorte

(z. B. Brocken, Zugspitze), die aufgrund ihrer Höhenlage keine geeigneten Temperaturen erreichen.

Die Modellierung für die Marokkanische Wanderheuschrecke ergibt in den ersten fünf Szenarien für alle Standorte einen $EI = 0$. Im sechsten Szenario erreicht Köln als einziger Standort mit einem $EI = 30$ eine klimatische Eignung für diese Art (vgl. Abb. 5).

Für die Europäische Wanderheuschrecke liegen ab dem dritten Szenario vereinzelt EI -Werte > 0 vor, die höchsten Werte werden im sechsten Szenario erzielt (vgl. Abb. 6). Hier besitzt Köln mit einem $EI = 14$ die beste Eignung.

Zur Feststellung möglicher Auswirkungen auf die Landwirtschaft werden die potentiell betroffenen Regionen (Pufferzone mit 30 km Radius) in das Geoinformationssystem QGIS übertragen und mit den landwirtschaftlich genutzten Flächen verschnitten, d. h. es wird die Schnittfläche ermittelt. Die deutschlandweiten Flächen der betrachteten Landnutzungsarten sowie die untersuchten Standorte mit den gebildeten Pufferzonen sind in Abb. 7 dargestellt.

Neben der absoluten Fläche werden die Anteile der betroffenen Fläche an der Gesamtfläche der jeweiligen Nutzungsart ermittelt. Diese beträgt nach eigener Berechnung 12.870.000 ha für nicht bewässertes Ackerland, 127.062 ha für Weinbau, 195.727 ha für Obst- und Beerenobstanlagen und 6.430.700

ha für Wiesen und Weiden. Die ermittelten Flächen in absoluten und relativen Werten pro Standort und Landnutzungsart sind in Tab. 3 dargestellt. Fett hervorgehoben sind dabei diejenigen Standorte, die in mindestens einem Szenario durch Heuschreckenvorkommen betroffen sind.

Der Abgleich der klimatisch geeigneten Gebiete mit landwirtschaftlich genutzten Flächen ergibt, dass bundesweit ca. 23 % der Ackerfläche, 15 % der Rebfläche, 24 % der Obst- und Beerenobstbestände und 9 % der Wiesen und Weiden an Standorten liegen, die sich klimatisch potentiell für die Ausbreitung der untersuchten Feldheuschreckenarten eignen.

Diskussion

Aufgrund der durchgeführten Modellierung ist davon auszugehen, dass in Hinblick auf die klimatische Veränderung in nahezu allen Regionen Deutschlands geeignete Habitate für *C. italicus* entstehen werden. Bei den mit einem \times dargestellten Messpunkten handelt es sich teilweise um Standorte im Gebirge (z. B. Brocken, Zugspitze), die aufgrund ihrer Höhenlage allerdings keine geeigneten Temperaturen erreichen.

Kritisch ist anzumerken, dass die Modellierung der Artverbreitung mit der verwendeten Methode auf klimatischen Bedingungen beschränkt ist; andere Habitatfaktoren sowie ökologische Gesichtspunkte werden in der Untersuchung nicht berücksichtigt. Da es sich um eine großskalige Untersuchung handelt, die erste Erkenntnisse über mögliche Ausbreitungsräume der betrachteten Arten in ganz Deutschland liefern soll, ist die Beschränkung der Untersuchung auf klimatische Parameter als Prädiktorvariablen jedoch nicht unüblich (Araújo et al., 2019). Empirische Studien zu den Ausbreitungsgebieten zweier weiterer Heuschreckenarten deuten zudem darauf hin, dass diese Arten in den letzten Jahren immer nördlichere Gebiete besiedeln und stützen somit die vorliegenden Modellierungsergebnisse (Treiber, 2011; Renker et al., 2020). Die Modellierung mit CLIMEX bietet somit eine gute Möglichkeit für eine erste Abschätzung des Gefahrenpotentials sowie insbesondere bei mangelnden explizit räumlichen Daten. Bei der Feststellung eines erhöhten Gefahrenpotentials für bestimmte Gebiete ist eine nähere Untersuchung unter Berücksichtigung weiterer (ökologischer) Prädiktorvariablen angeraten, um genauere Vorhersagen treffen zu können.

Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass CLIMEX keine Gewichtung der verwendeten Parameter zulässt. Somit können die verwendeten Parameterwerte auf die jeweilige Spezies angepasst werden, nicht aber das Gewicht der Parameter in der Indexberechnung. Es kann somit nicht ausgeschlossen werden, dass Parameter in die Berechnung einfließen, die für eine bestimmte Spezies irrelevant oder weniger einflussreich sind. Aufgrund der Artinformationen, die sich aus der Literaturrecherche ergeben haben sowie der bereits erfolgreich durchgeführten Anwendung der Software für die Modellierung von Heuschreckenpopulationen (Olfert et al., 2011; Tu et al., 2013), wird dies allerdings als unproblematisch eingeschätzt.

Insbesondere aufgrund ihrer wichtigen Rolle im trophischen Gefüge sind zunächst positive Effekte einer anwachsenden *Calliptamus*-Population zu erwarten. Insbesondere (Agrar-)

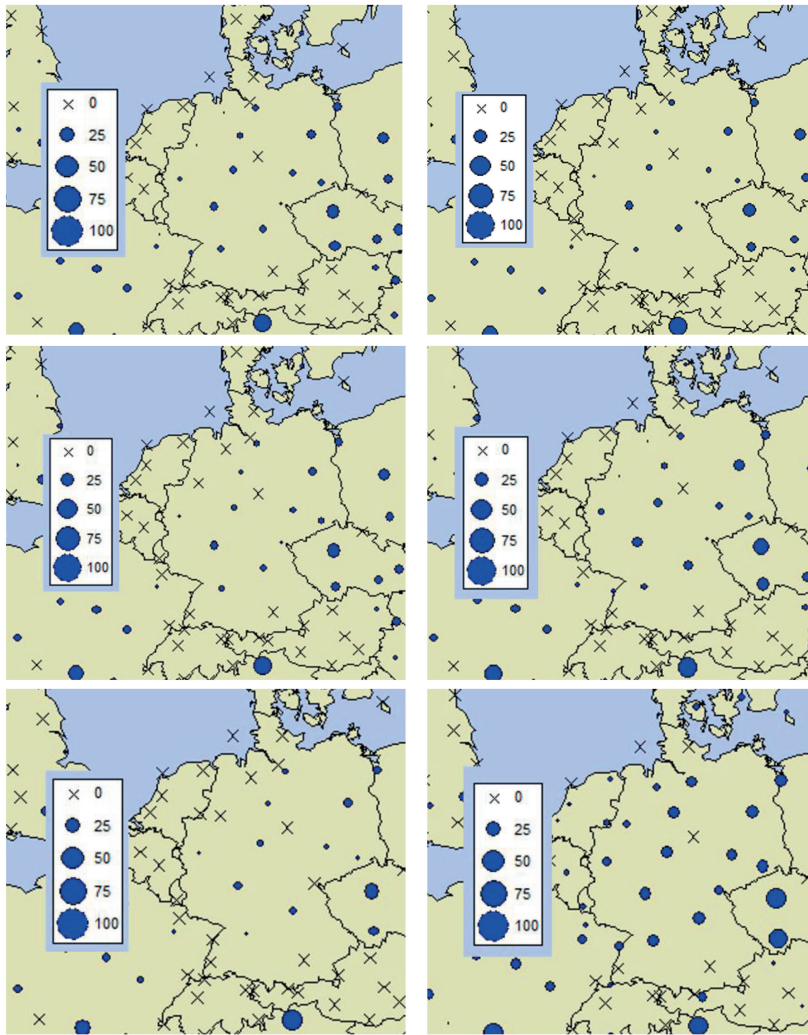


Abb. 4. Ökologischer Index (EI) der untersuchten Standorte für die Italienische Schönschrecke in den sechs Klimawandelszenarien. Obere Reihe: RCP2.6, mittlere Reihe: RCP4.5, untere Reihe: RCP8.5. Linke Spalte: Zeitraum 2021-2050, rechte Spalte: Zeitraum 2071-2100.

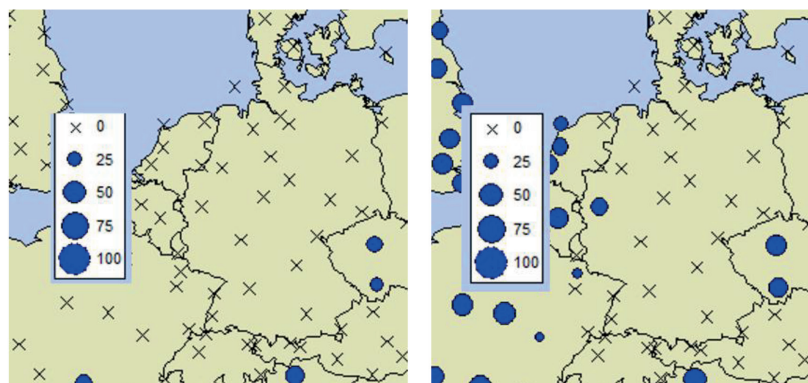


Abb. 5. Ökologischer Index der untersuchten Standorte für die Marokkanische Wanderheuschrecke. Links: Szenario 1 (RCP2.6, 2021-2050), rechts: Szenario 6 (RCP8.5, 2071-2100)

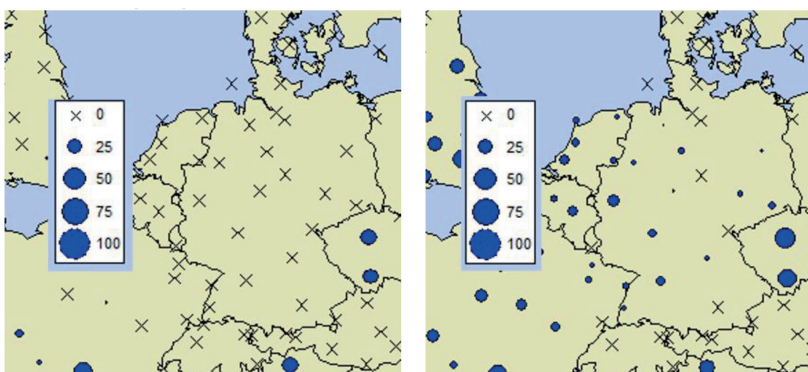


Abb. 6. Ökologischer Index der betrachteten Standorte für die Europäische Wanderheuschrecke. Links: Szenario 1 (RCP2.6, 2021-2050), rechts: Szenario 6 (RCP8.5, 2071-2100)

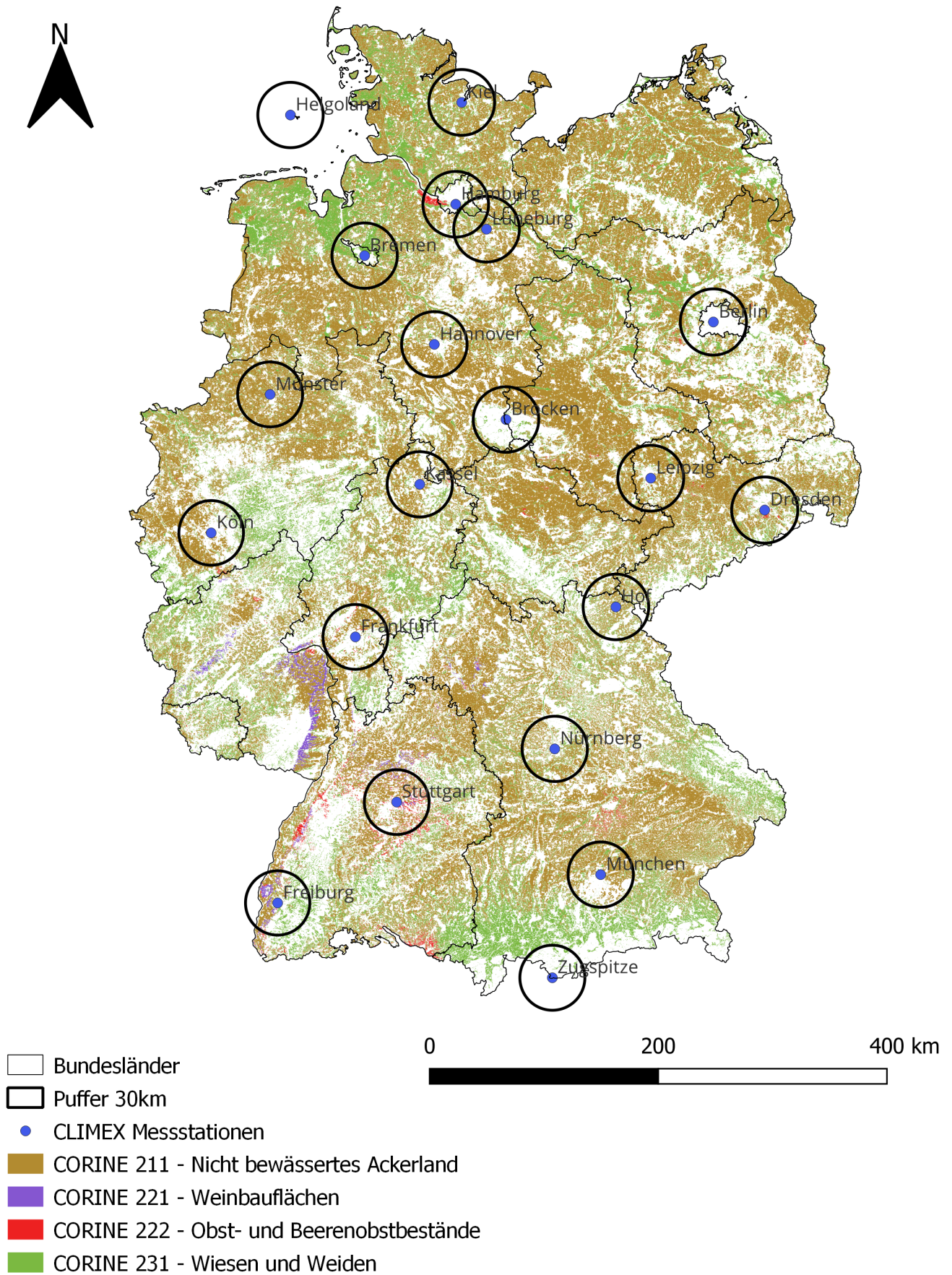


Abb. 7. Abgleich der Pufferzonen um die betrachteten Standorte mit landwirtschaftlich genutzten Flächen. Geodaten von GADM (2015) und GeoBasis-DE (2018).

Tab. 3. Potentiell betroffene Landwirtschaftsflächen in [ha] und [%] der jeweiligen Gesamtfläche pro Landnutzungsart im Bundesgebiet

Betroffene Flächen	Nicht bewässertes Ackerland		Weinbau		Obst- und Beerenobst		Wiesen und Weiden	
	[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]
Helgoland	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Kiel	127.620	1,0	0	0,0	72	0,0	50.226	0,8
Hamburg	89.115	0,7	0	0,0	7.901	4,0	49.300	0,8
Lüneburg	152.680	1,2	0	0,0	180	0,1	43.325	0,7
Bremen	362.564	2,8	0	0,0	71	0,0	39.800	0,6
Berlin	89.349	0,7	6	0,0	288	0,1	35.533	0,6
Hannover	270.405	2,1	0	0,0	137	0,1	26.718	0,4
Münster	295.878	2,3	0	0,0	24	0,0	30.862	0,5
Brocken	415.968	3,2	0	0,0	414	0,2	25.768	0,4
Kassel	138.170	1,1	0	0,0	847	0,4	35.919	0,6
Leipzig	387.819	3,0	15	0,0	429	0,2	26.013	0,4
Köln	124.092	1,0	0	0,0	616	0,3	32.832	0,5
Dresden	255.154	2,0	113	0,1	2.151	1,1	47.432	0,7
Frankfurt	112.745	0,9	453	0,4	4.290	2,2	27.121	0,4
Hof	85.945	0,7	0	0,0	0	0,0	46.760	0,7
Nürnberg	97.300	0,8	0	0,0	205	0,1	41.670	0,6
Stuttgart	77.379	0,6	5575	4,4	25.820	13,2	24.446	0,4
München	216.104	1,7	0	0,0	62	0,0	27.377	0,4
Freiburg	38.785	0,3	1.2674	10,0	4.439	2,3	43.024	0,7
Zugspitze	0	0,0	0	0,0	0	0,0	22.289	0,3
∑ alle	3.337.072	25,9	18.836	14,8	47.946	24,5	676.415	10,5
∑ betroffene Gebiete	2.993.348	23,3	18.836	14,8	47.812	24,4	576.523	9,0

Vögel und andere Insektenfresser wie beispielsweise Eidechsen können von einem reichen Angebot an Feldheuschrecken wiederum profitieren.

Damit aber von einer Heuschreckenpopulation eine Gefährdung für landwirtschaftliche Kulturen ausgeht, sind Massenvermehrungen notwendig. Diese hängen allerdings von zeitlich begrenzten Witterungsbedingungen ab und können daher nicht durch die langfristigen Klimamodelle der verwendeten Software modelliert werden. Sie kommen insbesondere vor, wenn nach einer Dürreperiode durch extreme Wetterereignisse plötzlich sehr gute Bedingungen für die Insekten herrschen (Yu et al., 2009). Aus den Erfahrungen der letzten Jahre und zahlreichen wissenschaftlichen Studien ist zu erwarten, dass der Klimawandel in Deutschland genau diese extremen Wetterbedingungen verstärken wird (Umweltbundesamt, 2015; Yang & Sarfaty, 2016; Salih et al., 2020). Trotzdem ist nach aktuellem Stand nicht davon auszugehen, dass derartige Massenvorkommen von *C. italicus* in Deutschland auftreten werden. Grund hierfür wären bisher fehlende xerotherme Brachflächen, auf denen die Heuschrecken sich in ausreichender Menge vermehren könnten (Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz, 2013). Solange es an diesen mangelt, ist ein Entstehen von Heuschreckenschwärmen in Deutschland nicht zu erwarten (Bauer, 2021). Für eine zuverlässigere Einschätzung

des Auftretens von Heuschreckenschwärmen sollten weiterführende Untersuchungen durchgeführt werden. Hierzu wäre beispielsweise eine Kombination von Modellen wie CLIMEX und MaxEnt empfehlenswert, um sowohl Klimaprojektionen als auch Habitatparameter betrachten zu können (Byeon et al., 2018).

Aktuelle Studien zur Anpassung Deutschlands an den Klimawandel formulieren allerdings ausdrücklich die Notwendigkeit, extensive, großflächige Weidesysteme auszubauen und Grünbrachen zu schaffen (Renner et al., 2021). Laut Tscharncke sind mindestens 20 % der Agrarlandschaftsfläche für naturnahe Lebensräume bereit zu stellen, um die Biodiversität zu schützen (Tscharncke, 2021). Bislang beträgt der Anteil von Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert an der Agrarlandschaftsfläche etwas über 13 % (Bundesamt für Naturschutz, 2021). Bei einer Ausweitung entsprechend der genannten Forderungen können großflächige Vermehrungsgebiete entstehen, sodass Massenvermehrungen von Feldheuschrecken in Deutschland in Zukunft möglich wären. Bei der Planung größerer Brachflächen könnten Heuschreckenvermehrungen daher direkt mitgedacht und entsprechende ökologische Eindämmungsmaßnahmen mit eingeplant werden. Auch Agrarflächen, die für Photovoltaik-Freiflächenanlagen bereitgestellt werden, können möglicherweise Vermehrungsgebiete für Heuschrecken darstellen, wie eine Studie

des Bundesverbandes Neue Energiewirtschaft nahelegt (Peschel et al., 2019). Demnach trägt die extensive Pflege dieser Flächen zu einer lokalen Erholung der Biodiversität und der vermehrten Abundanz auch gefährdeter Arten wie beispielsweise der Italienischen Schönschrecke bei (Peschel et al., 2019). Bislang liegen jedoch nur wenige wissenschaftliche Untersuchungen hierzu vor. Zudem sind die entsprechenden Flächen wiederum auf ihre klimatische Eignung hin zu prüfen, da Photovoltaik-Anlagen durch die Absorption von Sonnenenergie eine Abkühlung der Umgebungstemperatur sowie lokale Veränderungen des Niederschlags verursachen (Hu et al., 2016).

Bereits heute liegen entsprechende Brachflächen in südeuropäischen Steppengebieten wie der Ungarischen Tiefebene vor. Hier können sich Wanderheuschrecken wie *Calliptamus italicus* bei geeigneten klimatischen Bedingungen massenhaft vermehren. Es ist daher grundsätzlich vorstellbar, dass in jenen Gebieten wieder Heuschreckenschwärme entstehen und bis nach Deutschland vordringen, wie in früheren Jahrhunderten bereits geschehen. Eine weiterführende Untersuchung zu möglichen Vorkommen und Massenvermehrungen von Feldheuschrecken in Europa sowie zu zukünftigen potentiellen Migrationsrouten von Heuschreckenschwärmen wäre daher sinnvoll.

Sollte es zu einem massenhaften Auftreten von landwirtschaftsschädlichen Heuschrecken kommen, besteht grundsätzlich die Möglichkeit, durch die Anwendung von Insektiziden regulierend einzugreifen. Ein großflächiger Einsatz stellt jedoch eine starke Belastung für die betroffenen Ökosysteme dar, weshalb präventive Maßnahmen wie Erhebungsprogramme von hoher Relevanz sind. Dies gilt insbesondere bei der Schaffung neuer Brachflächen sowie für die bereits bestehenden Vermehrungsareale im Ausland und die möglichen Migrationsrouten nach Deutschland.

Fazit

Durch den Klimawandel in Deutschland ist mit einem Populationsanstieg von *Calliptamus italicus* in verschiedenen Regionen Deutschlands zu rechnen. Die verstärkte Abundanz der Insekten ist aufgrund ihrer wichtigen Rolle in der Trophiekette grundsätzlich als positiv zu bewerten. Massenauftritte sind nach derzeitigem Stand als unwahrscheinlich anzusehen, können jedoch durch die Schaffung von Brachflächen im Zuge der Klimaanpassung und des Umweltschutzes gefördert werden. Da hierdurch negative Effekte für die Landwirtschaft zu erwarten sind, sollten entsprechende Konzepte entwickelt und Erhebungsprogramme betrieben werden, um Massenvermehrungen vorzubeugen und im Ereignisfall eine schnelle Regulation der Population erzielen zu können.

Danksagung

Die Autor:innen danken Prof. Dr. Thomas Fartmann von der Deutschen Gesellschaft für Orthopterologie, Dr. Martin Husmann von der Abteilung für Entomologie der Universität Hamburg und Petra Mahrenholz vom KomPASS des Umweltbundesamtes für die bereitwillige Auskunft und die wertvollen Hinweise zur Untersuchung. Weiterhin danken wir Prof.

Dr. Thomas Fartmann und Dr. Dominik Poniatowski von der Universität Osnabrück für die freundliche Bereitstellung des Bildmaterials zur Ausbreitung von *C. italicus*.

Erklärung zu Interessenskonflikten

Die Autorinnen und Autoren erklären, dass keine Interessenskonflikte vorliegen.

Literatur

Aragón, P., J.M. Lobo, 2012: Predicted effect of climate change on the invasibility and distribution of the Western corn root-worm. *Agricultural and Forest Entomology* **14** (1), 13–18, DOI: 10.1111/j.1461-9563.2011.00532.x.

Araújo, M.B., R.P. Anderson, A. Márcia Barbosa, C.M. Beale, C.F. Dormann, R. Early, R.A. Garcia, A. Guisan, L. Maiorano, B. Naimi, R.B. O'Hara, N.E. Zimmermann, C. Rahbek, 2019: Standards for distribution models in biodiversity assessments. *Science Advances* **5** (1), eaat4858, DOI: 10.1126/sciadv.aat4858.

Asplen, M.K., G. Anfora, A. Biondi, D.-S. Choi, D. Chu, K.M. Daane, P. Gibert, A.P. Gutierrez, K.A. Hoelmer, W.D. Hutchison, R. Isaacs, Z.-L. Jiang, Z. Kárpáti, M.T. Kimura, M. Pascual, C.R. Philips, C. Plantamp, L. Ponti, G. Véték, H. Vogt, V.M. Walton, Y. Yu, L. Zappalà, N. Desneux, 2015: Invasion biology of spotted wing Drosophila (*Drosophila suzukii*): a global perspective and future priorities. *Journal of Pest Science* **88** (3), 469–494, DOI: 10.1007/s10340-015-0681-z.

Bauer, C., 2021: Klimawandelinduziertes Gefahrenpotential von Feldheuschrecken (Acrididae) als Schädlinge für die deutsche Landwirtschaft. Bachelorarbeit, Technische Hochschule Köln, 124 S.

Beddow, J.M., D. J. Kriticos, P. G. Pardey, R. Sutherst, 2010: Potential Global Crop Pest Distributions Using CLIMEX: HarvestChoice Applications.

Borries, J., N. Klappkarek, B. Ohm, 1995: Beitrag zum Vorkommen und zur Verbreitung von *Calliptamus italicus* (LINNÉ, 1758) in Brandenburg und Berlin. *Articulata* **10** (2).

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK), Wissenschaftsforum, 2019: Wissenschaftsforum Band 9: Schutz Kritischer Infrastrukturen – Studie zur Versorgungssicherheit mit Lebensmitteln.

Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2020: Neues im Bereich Open Data – CORINE Land Cover 5 ha (CLC5). Zugriff: 23. Juli 2021, URL: https://www.bkg.bund.de/SharedDocs/Produktinformationen/BKG/DE/P-2020/200408_CLC5.html.

Bundesamt für Naturschutz, 2021: Anteil der Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert (High Nature Value Farmland) an der gesamten Agrarlandschaftsfläche. Zugriff: 9. Februar 2022, URL: <https://www.bfn.de/karten-und-daten/anteil-der-landwirtschaftsflaechen-mit-hohem-naturwert-high-nature-value-farmland>.

Byeon, D., S. Jung, W.-H. Lee, 2018: Review of CLIMEX and MaxEnt for studying species distribution in South Korea.

- Journal of Asia-Pacific Biodiversity **11** (3), 325–333, DOI: 10.1016/j.japb.2018.06.002.
- CABI, 2022:** *Locusta migratoria* (migratory locust). Zugriff: 27. Juni 2022, URL: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/31151>.
- Caminade, C., J.M. Medlock, E. Ducheyne, K.M. McIntyre, S. Leach, M. Baylis, A.P. Morse, 2012:** Suitability of European climate for the Asian tiger mosquito *Aedes albopictus*: recent trends and future scenarios. *Journal of the Royal Society, Interface* **9** (75), 2708–2717, DOI: 10.1098/rsif.2012.0138.
- Carlone, M., D. Sestito, 2020:** 'There's nothing left' – Sardinian farmland stripped by locust swarms. Zugriff: 5. März 2021.507Z, URL: <https://newseu.cgtn.com/news/2020-06-25/-There-s-nothing-left-Sardinian-farmland-stripped-by-locust-swarms-RzaYxkBVuw/index.html>.
- Chen, C., J. Qian, X. Chen, Z. Hu, J. Sun, S. Wei, K. Xu, 2020a:** Geographic Distribution of Desert Locusts in Africa, Asia and Europe Using Multiple Sources of Remote-Sensing Data. *Remote Sensing* **12** (21), 3593, DOI: 10.3390/rs12213593.
- Chen, J., D. Cui, H. Ullah, K. Hao, X. Tu, Z. Zhang, 2020b:** Serpin7 controls egg diapause of migratory locust (*Locusta migratoria*) by regulating polyphenol oxidase. *FEBS open bio* **10** (5), 707–717, DOI: 10.1002/2211-5463.12825.
- Deutsche Welle, 2021:** Worst invasion of locusts in 60 years hits Sardinia | DW | 11.06.2019. Zugriff: 5. März 2021.495Z, URL: <https://www.dw.com/en/worst-invasion-of-locusts-in-60-years-hits-sardinia/a-49139894>.
- Deutscher Bundestag, 2019:** Bericht zur Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz 2018, 144.
- DGfO, 2021:** Heuschrecken und Fangschrecken. Zugriff: 27. Juni 2021, URL: <http://dgfo-articulata.de/heuschrecken>.
- FAO, 2004:** Locusts in Canary Islands and Portugal: FAO. Zugriff: 10. März 2021.740Z, URL: <https://reliefweb.int/report/spain/locusts-canary-islands-and-portugal-fao>.
- FAO, 2021a:** Asian Migratory Locust (LMI) | Locust Watch in Caucasus and Central Asia | Food and Agriculture Organization of the United Nations. Zugriff: 17. Juli 2021, URL: <http://www.fao.org/locusts-cca/bioecology/asian-migratory-locust-lmi/en/>.
- FAO, 2021b:** Distribution areas in CCA | Locust Watch in Caucasus and Central Asia | Food and Agriculture Organization of the United Nations. Zugriff: 22. Juli 2021, URL: <http://www.fao.org/locusts-cca/bioecology/distribution-areas-in-cca/en/>.
- FAO, 2021c:** Moroccan Locust (DMA) | Locust Watch in Caucasus and Central Asia | Food and Agriculture Organization of the United Nations. Zugriff: 29. Juni 2021, URL: <http://www.fao.org/locusts-cca/bioecology/moroccan-locust-dma/en/>.
- Fischer, J., D. Steinlechner, A. Zehm, D. Poniatowski, T. Fartmann, A. Beckmann, C. Stettmer, 2020:** Die Heuschrecken Deutschlands und Nordtirols: Bestimmen, Beobachten, Schützen. 2. Auflage. Wiebelsheim: Quelle & Meyer.
- Frankfurter Allgemeine Zeitung, 2005:** „Beeindruckende Insektenwolken“. *Frankfurter Allgemeine Zeitung*.
- GADM, 2015:** Administrative Grenzen Deutschlands – Bundesländer. Zugriff: 28. Juli 2021, URL: <https://gadm.org/data.html>.
- GeoBasis-DE, 2018:** CORINE Land Cover 5 ha, Stand 2018. Zugriff: 22. Juli 2021, URL: <https://gdz.bkg.bund.de/index.php/default/digitale-geodaten/digitale-landschaftsmodelle/corine-land-cover-5-ha-stand-2018-clc5-2018.html>.
- Helmholtz-Zentrum Geesthacht, 2021:** Regionaler Klimaatlas Deutschland. Zugriff: 24. März 2021, URL: <https://www.regionaler-klimaatlas.de/>.
- Helmholtz-Zentrum hereon GmbH, 2021:** About EURO-CORDEX. Zugriff: 23. Juli 2021, URL: <https://www.euro-cordex.net/060374/index.php.en>.
- Hochkirch, A., A. Nieto, M. García Criado, M. Cálix, Y. Braud, F. M. Buzzetti, D. Chobanov, B. Odé, J. J. Presa Asensio, L. Willemse, T. Zuna-Kratky, P. Barranco Vega, M. Bushell, M. E. Clemente, J. R. Correias, F. Dusoulier, S. Ferreira, P. Fontana, M. D. García, K.-G. Heller et al., 2016:** European Red List of Grasshoppers, Crickets and Bush-crickets. Luxembourg, 94.
- Hu, A., S. Levis, G.A. Meehl, W. Han, W.M. Washington, K.W. Oleson, B.J. van Ruijven, M. He, W.G. Strand, 2016:** Impact of solar panels on global climate. *Nature Climate Change* **6** (3), 290–294, DOI: 10.1038/nclimate2843.
- Köhler, G., H. Aßhoff, 2002:** Die Dissertation des Arnold Richertz von 1693 über Wanderheuschrecken – nicht nur ein Beitrag zur Jenaer Universitätsgeschichte. *Abhandlungen und Berichte des Museums der Natur Gotha* (22), 141–168.
- Kriticos, D.J., G. F. Maywald, T. Yonow, E. J. Zurcher, N. I. Herrmann, R. Sutherst, 2015:** CLIMEX Version 4: Exploring the effects of climate on plants, animals and diseases. Canberra, 177.
- Latchininsky, A.V., 1998:** Moroccan locust *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815): A faunistic rarity or an important economic pest? *Journal of Insect Conservation* **2** (3/4), 167–178, DOI: 10.1023/A:1009639628627.
- Latchininsky, A.V., 2013:** Locusts and remote sensing: a review. *Journal of Applied Remote Sensing* **7** (1), 75099, DOI: 10.1117/1.JRS.7.075099.
- Maas, S., P. Detzel, A. Staudt, 2002:** Gefährdungsanalyse der Heuschrecken Deutschlands: Verbreitungsatlas, Gefährdungseinstufung und Schutzkonzepte; Ergebnisse aus dem F+E-Vorhaben 89886015 des Bundesamtes für Naturschutz. Münster, Landwirtschaftsverlag.
- Magor, J.I., J. Roffey, 2003:** Desert Locust Technical Series: Desert Locust Population Parameters. Rom, Plant Production and Protection Division, 35.
- Malakhov, D.V., N.Y. Tsyhuyeva, V.E. Kambulin, 2018:** Ecological modeling of *Locusta migratoria* L. breeding conditions in South-Eastern Kazakhstan. *Russian Journal of Ecosystem Ecology* **3** (1), DOI: 10.21685/2500-0578-2018-1-5.
- Malakhov, D.V., B.V. Zlatanov, 2020:** An Ecological Niche Model for *Dociostaurus maroccanus*, Thunberg, 1815 (Orthoptera, Acrididae): The Nesting Environment and Survival

- al of Egg-Pods. *Biosis:Biological Systems* **1** (1), 8–24, DOI: 10.37819/biosis.v1i1.48.
- Medina, H.E., A. Cease, E. V. Trumper, 2017:** The resurgence of the South American locust *Schistocerca cancellata*. *Metalepsea* **37** (3).
- Nik, N., E. Martono, N.S. Putra, Suputa, 2020:** Hatching of migratory locust (*Locusta migratoria*, L.) (Orthoptera: acrididae) eggs at several of texture and moisture levels in semi-field laboratory. *EurAsian Journal of BioSciences* (14), 4337–4345.
- Oberhessische Presse, 2015:** Heuschreckenplage nach Hitzewelle, URL: <https://www.op-marburg.de/Marburg/Heuschreckenplage-nach-Hitzewelle>.
- Olfert, O., R.M. Weiss, D. Kriticos, 2011:** Application of General Circulation Models to Assess the Potential Impact of Climate Change on Potential Distribution and Relative Abundance of *Melanoplus sanguinipes* (Fabricius) (Orthoptera: Acrididae) in North America. In: *Locusts and Grasshoppers: Behavior, Ecology, and Biogeography*. Latchininsky, A., G. Sword, M. Sergeev, M.M. Cigliano, M. Lecoq (Hrsg.), Hindawi Publishing Corporation, DOI: 10.1155/2011/578327.
- Peschel, R., T. Peschel, M. Marchand, J. Hauke, 2019:** Solar parks – Gewinne für die Biodiversität, 73.
- Pointe, E., 2021:** Two live locusts found on Turkish Airline flight ‘knocked down’. Seychelles Nation.
- Poniatowski, D., C. Beckmann, F. Löffler, T. Münsch, F. Helbing, M.J. Samways, T. Fartmann, 2020:** Relative impacts of land-use and climate change on grasshopper range shifts have changed over time. *Global Ecology and Biogeography* **29** (12), 2190–2202, DOI: 10.1111/geb.13188.
- Popova, E.N., S.M. Semenov, I.O. Popov, 2016:** Assessment of possible expansion of the climatic range of Italian locust (*Calliptamus italicus* L.) in Russia in the 21st century at simulated climate changes. *Russian Meteorology and Hydrology* **41** (3), 213–217, DOI: 10.3103/S1068373916030079.
- Qin, Y., Z. Li, L. Zhao, G. Fowler, Y. Fang, 2013:** The Current and Future Potential Geographical Distribution of the Italian Locust, *Calliptamus italicus* (Linnaeus) (Orthoptera: Acrididae) in China. In: *Computer and Computing Technologies in Agriculture VI Pt. II: 6th IFIP TC WG 5. 14 International Conference, CCTA 2012, Zhangjiajie, China, October 19-21, 2012*. Li, D., Y. Chen (Hrsg.), Berlin/Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg, S. 290–298, DOI: 10.1007/978-3-642-36137-1.
- Rai, A.N., A. Sharma, 2020:** Historical Overview of Locusts Attack in India: A Review Article. *International Journal of Agriculture System* **8** (2), 140–148.
- Ren, J.-L., X.-B. Tu, J. Ge, L. Zhao, Z.-H. Zhang, 2016:** Influence of temperature on the development, reproduction, and life table of *Calliptamus italicus* (L.) (Orthoptera: Acridoidea). *Journal of Asia-Pacific Entomology* **19** (1), 203–207, DOI: 10.1016/j.aspen.2015.12.016.
- Renker, C., K. Groh, M.A. Pfeifer, A. Wiese, 2020:** Neue Funde der Großen Schiefkopfschrecke – *Ruspolia nitidula* (Scopoli, 1786) (Orthoptera: Tettigoniidae) in Rheinland-Pfalz. *Mainzer naturwiss. Archiv* **56**, 243–248.
- Renner, K., U. Fritsch, M. Zebisch, M. Wolf, A. Schmuck, C. Ölmez, K. Schönthaler, L. Porst, M. Voß, A. Wolff, M. Jay, 2021:** Klimawirkungs- und Risikoanalyse für Deutschland 2021: Klimarisiken im Cluster Land, 339.
- Rohr, C., 2010:** Zur Wahrnehmung, Deutung und Bewältigung von Heuschreckenplagen in Mitteleuropa im Spätmittelalter und in der Frühen Neuzeit: auf der Grundlage des Vortrags vom 15.06.2010. *Umweltgeschichte in globaler Perspektive*, Universität Erfurt, 36.
- Rutschmann, F., 2021a:** Orthoptera.ch – *Calliptamus italicus*. Zugriff: 27. Juni 2021, URL: https://www.orthoptera.ch/arten/item/calliptamus-italicus?category_id=128.
- Rutschmann, F., 2021b:** Orthoptera.ch – *Locusta migratoria*. Zugriff: 27. Juni 2021, URL: https://www.orthoptera.ch/arten/item/locusta-migratoria?category_id=35.
- Salih, A.A.M., M. Baraibar, K. Kemucie Mwangi, G. Artan, 2020:** Climate change and locust outbreak in East Africa. *Nature Climate Change* **10** (7), 584–585, DOI: 10.1038/s41558-020-0835-8.
- Santiago-Alvarez, C., E. Quesada-Moraga, P. Hernandez-Crespo, 2003:** Diapause termination and post-diapause development in the Mediterranean locust *Dociostaurus maroccanus* (Orth., Acrididae) under field conditions. *Journal of Applied Entomology* **127** (6), 369–373, DOI: 10.1046/j.1439-0418.2003.00768.x.
- Simpson, S.J., G.A. Sword, 2008:** Locusts. *Current biology: CB* **18** (9), R364-6, DOI: 10.1016/j.cub.2008.02.029.
- Solter, L.F., J.J. Becnel, D. H. Oi, 2012:** Microsporidian Entomopathogens. In: *Insect pathology*. Vega, F.E., H.K. Kaya, Y. Tanada (Hrsg.), Amsterdam, Boston, Elsevier/Academic Press, S. 221–263.
- Steedman, A. (Hrsg.), 1990:** Locust handbook, Chatham.
- Stolyarov, M.V., 2000:** Massenvermehrungen von *Calliptamus italicus* L. in Südrussland im zwanzigsten Jahrhundert. *Articulata* **15** (1).
- zur Strassen, O. (Hrsg.), 1926:** Brehms Tierleben: Allgemeine Runde des Tierreichs.
- TANAKA, H., 1994:** Embryonic Diapause and Life Cycle in the Migratory Locust, *Locusta migratoria* L. (Orthoptera: Acrididae), in Kyoto. *Applied Entomology and Zoology* **29** (2), 179–191, DOI: 10.1303/aez.29.179.
- Tarai, N., S. Doumandji, 2009:** Feeding preferences of gregarious nymphs and adults of the Desert locust, *Schistocerca gregaria* Forskal (Orthoptera, Cyrtacanthacridinae) in different habitats at Biskra oasis, Algeria. *Advances in Environmental Biology* **3** (3), 308–313.
- Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz (Hrsg.), 2013:** Steppenlebensräume Europas: Gefährdung, Erhaltungsmaßnahmen und Schutz.
- Treiber, R., 2011:** Beobachtungen zur Ausbreitung der Vierpunktigen Sichelschrecke (*Phaneroptera nana* Fiber, 1853) am südlichen Oberrhein. *Naturschutz südl. Oberrhein* **6**, 151–152.

Tscharntke, T., 2021: Bedeutung einer vielfältigen und kleinteiligen Agrarstruktur 2 für die Biodiversität und ihre Förderung im Rahmen der 3 Gemeinsamen Europäischen Agrarpolitik (GAP): Studie im Auftrag der Fraktion B90/Grüne im Deutschen Bundestag.

Tu, X., Z. Li, Z. Zhang, Z. Wu, W. Ni, L. Fu, Y. Shali, 2013: The Potential Geographical Distribution of *Locusta migratoria tibetensis* Chen (Orthoptera: Acrididae) in Qinghai-Tibet Plateau. In: *Computer and Computing Technologies in Agriculture VI Pt. II: 6th IFIP TC WG 5. 14 International Conference, CCTA 2012, Zhangjiajie, China, October 19-21, 2012*. Li, D. und Y. Chen (Hrsg.), Berlin/Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg, S. 343–351, DOI: 10.1007/978-3-642-36137-1.

Umweltbundesamt, 2015: Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. Dessau-Roßlau, 689.

Umweltbundesamt, 2017: Leitfaden für Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsanalysen: Empfehlungen der Interministeriel-

len Arbeitsgruppe Anpassung an den Klimawandel der Bundesregierung, 48.

van der Voo, L., 2021: ‘A scourge of the Earth’: grasshopper swarms overwhelm US west. The Guardian.

Warren, R., J. Price, A. Fischlin, S. de La Nava Santos, G. Midgley, 2011: Increasing impacts of climate change upon ecosystems with increasing global mean temperature rise. *Climatic Change* **106** (2), 141–177, DOI: 10.1007/s10584-010-9923-5.

Yang, Y.T., M. Sarfaty, 2016: Zika virus: A call to action for physicians in the era of climate change. *Preventive medicine reports* **4**, 444–446, DOI: 10.1016/j.pmedr.2016.07.011.

Yu, G., H. Shen, J. Liu, 2009: Impacts of climate change on historical locust outbreaks in China. *Journal of Geophysical Research* **114** (D18), DOI: 10.1029/2009JD011833.

Benjamin Mair, Manfred Wolf

Monitoring of the development of honeybee colonies placed near apple orchards in South Tyrol during spring

Beobachtungen zur Volksentwicklung von Honigbienenvölkern im Einzugsgebiet des Südtiroler Obstanbaus während des Frühjahrs

Affiliation

Laimburg Research Centre, Department of Plant Protection, Auer (BZ), Italy.

Correspondence

Benjamin Mair, Laimburg Research Centre, Department of Plant Protection, Laimburg 6, 39040 Auer (BZ), Italy

Abstract

This monitoring provides data on colony development and mortality in front of free-flying honeybee colonies in the vicinity of South Tyrolian apple orchards during spring 2014–2016. We compared colonies in two areas, differing in the type of insecticides applied: AP-area with more treatments with active agents harmful for bees (Etofenprox and Chlorpyrifos-ethyl) than in the non-AP-area. According to the Liebefeld Method colony strength was evaluated five times every year from March–June, whereas the collection and counting of dead bees occurred parallel to this at least twice a week. Colonies placed in the AP-area did not show an increased bee mortality compared to colonies from non-AP-area. We found, however, a relationship between increased mortality and residues of harmful insecticides on the bees, independent of the area. Nevertheless, we found no differences in colony development between the two investigated areas, which could have been assignable to the different use of insecticides.

Keywords

plant-protection-product-residues on dead honeybees, bee-harming insecticides, apple bloom

Zusammenfassung

Diese Beobachtungen liefern Daten zur Volksentwicklung und zum Totenfall von freifliegenden Honigbienenvölkern im Einzugsgebiet des Südtiroler Obstanbaus während des Frühjahrs. In diesem Monitoring überwachten wir Völker (AP-Gebiet und nicht AP-Gebiet), bei denen unterschiedliche Insektizideinsätze (mehr Einsätze im AP-Gebiet bei vergleichbaren Aufwandmengen für die Wirkstoffe Etofenprox und Chlorpyrifos-ethyl) in den Obstanlagen erfolgten. Die Volksstärken wurden mittels der Liebefelder Schätzmethode an fünf Terminen von März–Juni erhoben. Die Totenfallerhebungen hingegen erfolgten mindestens zweimal wöchentlich. Bei den

Völkern aus dem AP-Gebiet (höherer Insektizideinsatz) konnten keine Unterschiede hinsichtlich der Häufigkeit oder Höhe der Mortalität im Vergleich zu den Völkern aus dem nicht AP-Gebiet festgestellt werden. An den Zeitpunkten, an denen eine deutliche Totenfallerhöhung festgestellt wurde, waren an Proben (aus beiden Gebieten in vergleichbarem Ausmaß) Rückstände von bienengefährlichen Pflanzenschutzmitteln festgestellt worden. In Bezug auf die Volksentwicklung konnten wir keine Unterschiede zwischen den Untersuchungsgebieten feststellen, welche auf den unterschiedlichen Insektizideinsatz zurückzuführen waren.

Stichwörter

Pflanzenschutzmittelrückstände auf toten Honigbienen, bienengefährliche Insektizide, Apfelblüte

Introduction

The most important agricultural production systems in South Tyrol are the cultivation of livestock and horticulture (Provincial institute for statistics, 2016). Horticulture is dominated by apple orchards and vineyards which are covering approximately 8% resp. 2.1% of the total useable farmland (Provincial institute for statistics, 2016). In addition to 5,600 ha of vineyards (more in the southern parts of the province), 115 ha of cherry orchards, 85 ha of apricots, 40 ha of pears and 165 ha of berries, such as strawberries, blueberries or raspberries (mostly grown at higher altitudes and heterogeneously distributed), by far the most produced fruit is apples on 18,312 ha, mainly in the Etschtal, Vinschgau and Eisacktal (Autonomous Province of South Tyrol, 2020). Most of the apple orchards are in the valley bottom but a few are growing on the hillsides of mountains of over 1,000 m a.s.l., between the prevailing meadows in these altitudes (Anese & Feichter, 2021). In general, in South Tyrol fields and farms have a relatively small structure with a median area per farm of about 2.55 ha (Dalla Via & Mantinger, 2012). Consequently, ownership and



(c) The author(s) 2022

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>).

thus agricultural management varies distinctly within short distances. Both, a high density of farms and farmers on the arable land, as well as for honeybee colonies in South Tyrol a high density per km² is true: South Tyrol holds more than 3,500 beekeepers with approximately 37,000 bee colonies, which results in a density of 5 bee colonies/km² (Autonomous Province of South Tyrol, 2017; Südtiroler Imkerbund, 2021). This is quite high in comparison to 1.8 colonies/km² in Germany and 2.4 colonies/km² in Austria (Autonomous Province of South Tyrol, 2017). The whole year, 14,000–15,000 colonies are in the vicinity of apple orchards near the valley bottom and during bloom another 6,000–7,000 are brought to lower altitudes additionally by migrating beekeepers (Autonomous Province of South Tyrol, 2017).

The protection of bee colonies was always very important for farmers and beekeepers and therefore already in 1981 a provincial law was released to increase pollinators safety. In 2016, this law was updated and since prohibits the use of plant protection products harmful to bees¹ during apple bloom (Autonomous Province of South Tyrol, 2016). This blooming period is well defined annually by official announcement for different altitude levels (for instance: 0–500 m a.s.l., 500–750 m a.s.l. and 750–1,000 m a.s.l.) to account for the later bloom of orchards in higher altitudes. The plant protection strategy varies every year and is adapted to different altitudes but also to the presence of diseases and pests. In particular, apple proliferation (AP), one of the most severe apple diseases, has spread in Burggrafenamt district (close to Meran) dramatically since 2006 (Österreicher & Unterthurner 2014a; 2014b). Therefore, farmers of this district applied a special strategy using insecticides to control Psyllids (*Cacopsylla spp.*) as the vector (explanation in Figure 1) of the disease. In the following, we will call this district "AP-area". Especially insecticides harmful to bees in spring (before and after the apple bloom) were used to stop a further spread of apple proliferation through the vectors *Cacopsylla melanoneura* and *C. picta* (Österreicher & Unterthurner, 2014a; 2014b; Fischnaller et al., 2019). The control of these vectors was, according to an increasing number of beekeepers, suspected to be the reason why their colonies suffered from abnormal behaviour in spring, such as increased mortalities or a weaker colony development (Wolf & Zelger, 2009). Treatments with plant protection products may contribute to pollinators decline (Potts et al., 2016). Chronic exposure to pesticides was associated with negative effects on bees (Sánchez-Bayo et al., 2016) as for example well described for the class of Neonicotinoids which affects foraging behaviour (Henry et al., 2012) or learning abilities (Decourtye et al., 2005) and can increase in combination with pathogen pressure individually honeybee mortality rates (Wallner, 1995; Alaux et al., 2010; Pistorius et al., 2021). In this study, we investigated the effects of the use of plant protection products harmful to bees before and after the apple bloom in South Tyrol on the development and the mortality of honeybee colonies. Therefore, we compared colonies in the AP-area and non-AP-area (low incidence of apple proliferation or nearly no presence), to examine if the indicators development and mortality differed between these two

treatment zones. Additionally, no continuously recorded data on colony development or mortality of honeybee colonies in South Tyrol during spring is available, but collecting such data seemed to be necessary, in order to interpret better our observations.

Materials and methods

In 2014, when the monitoring started, on each of the 15 different sites 15 members from the South Tyrolean Beekeeping Association provided five colonies for a monitoring. Colonies were chosen randomly (no further specification on age of queen or dimension of colony requested) by the beekeepers and were separated from other colonies on the same apiary. New colonies were chosen year-wise; age of queens and overwintering success was not registered. Unfortunately, overwintering was not homogenous among the different apiaries: during the winter most colonies were not on the same apiary where they were investigated for our monitoring. In the years 2015 and 2016, due to some organizational issues, the number of sites had to be reduced to 13 (see Fig. S1). The monitored apiaries were distributed over the Etschtal from the area around the city Meran up to the area around the Research Centre Laimburg at Pfatten (see Table S2 and Fig. S1). The length of the observed valley section is about 40 km. About two thirds of the observed apiaries were in the AP-area (10 in 2014 and 9 in 2015 and 2016) and about one third (5 in 2014 and 4 in 2015 and 2016) in the non-AP-area. In the AP-area, more treatments were made with insecticides to limit the diffusion of the vectors (*C. melanoneura* and *C. picta*) of apple proliferation. The differences between both areas are shown by the recommended treatments with insecticides in Fig. 1: to protect against psyllids treatments with the active agents Chlorpyrifos-ethyl, Etofenprox and Tau-Fluvalinate, and to protect against *Dysaphis plantaginea* or *Eriosoma lanigerum* an Imidacloprid application (in case of necessity based on occurrence of pest) were made (strategy can be seen as exemplary for spring 2014–2016) (Österreicher & Unterthurner, 2014a; 2014b; Fischnaller et al., 2019; Südtiroler Beratungsring für Obst- und Weinbau, 2014; 2015; 2016).

Beekeepers were free with regards to the way in which they conducted colony management, which they integrated in the monitoring. Colonies were observed every year from the mid-March to mid-June. In each year, five assessments of colony-strength were made according to the Liebefeld Method every 21 days. The first one was performed at the middle-end of March and the last at the beginning-middle of June. Usually, all colonies of the 15 (in 2014) and 13 (in 2015 and 2016) sites, respectively, were evaluated within one calendar week (abbreviated in this article with cw, exact dates of evaluations in Table S3). In addition, the number of dead bees accumulating in front of the hives was registered. The sampling methods of bees differed amongst the years: The first year a tarp in front of the hives for collection was used (see Fig. S4), whereas in the 2nd and 3rd year on some sites underbaskets were used (only on 3 sites for all 5 colonies) (for details see Table S4). Generally, dead bees were counted and collected twice a week. If the point in time or the amount of an increase in mortality was interesting, a sample was taken and stored in a

¹ In this article, products harmful to bees are those that are classified as harmful to bees according to the Italian etiquette.

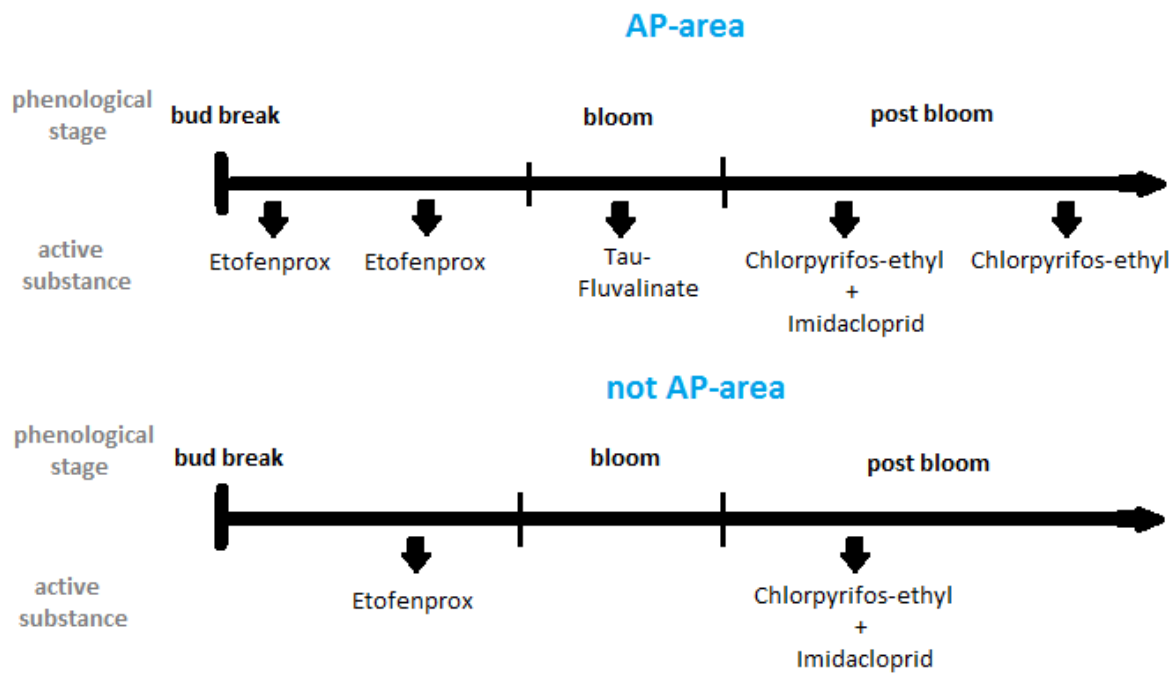


Fig. 1. Overview of the moments when different insecticides were used to limit the diffusion of the vectors of apple proliferation.

freezer for potential chemical residue analysis. Due to the two sampling methods (tarp or underbasket), it was not possible to determine a threshold-value for analysis. In addition, the limited budget for residue analysis was used to choose the most important increments of mortality of each apiary. The residue analyses were done mostly by the chemical laboratory at the Laimburg research centre. A few samples were analysed by the laboratories pH (Tavernelle Val di Pesa, Italy), Greit (Bologna, Italy) and the Julius Kühn Institute (JKI). Data were analysed and all figures created using the computer software R (R Core Team, 2016). The effect of the number of adult bees in the colonies at the mid/end of March (1st evaluation) on the number of adult bees in the colonies at the beginning/mid of June (5th evaluation) (in Fig. 5) were analysed using a linear model and a subsequent one-way ANOVA and a Tukey-test.

Results

For the bee mortalities we show three figures (Fig. 2, Fig. 3 and Fig. 4). Figure 2 shows exemplarily the result of two apiaries (Tyrol from the AP-area and Kaltern from the not AP-area – on both dead bees were collected with a tarp) where in a more detailed way the exact number of dead bees observed is shown together with the results of some residue analysis. The observed number of dead bees shows different trends between the three years of monitoring and the two different sites. Every year the number of dead bees increased with ongoing observations (from March until June) and every year some clear increments were observed. For some peaks of mortality, residues of plant protection products harmful to bees where found (like at the end of May in Tyrol 2015 with 0,69 mg/kg Chlorpyrifos-ethyl).

Figure 3 is limited on the results of three apiaries of each of the two investigated areas from the year 2015 on different al-

titudes. The apple bloom is indicated by rectangles according to the provincial law no. 8 from 2016 for the different altitudinal levels 0-500 m a.s.l., 500-750 m a.s.l. and 750-1000 m a.s.l. Circle size indicates the intensity of mortality during the observation period and shows that most of the biggest circles were observed after apple bloom. Only a few enlarged circles were observed in the period before blooming: for example, at apiary D. Tyrol on April 2 with 77 and at apiary Pfatten on April 3 with 271 dead bees. At the last-mentioned apiary and the apiaries Partschins and Eppan increased mortalities were registered before the end of the bloom (Pfatten on April 23 with 485, Eppan on May 1 with 280 and Partschins on May 5 with 200 dead bees) – numbers which were never observed before the end of bloom on other apiaries (see Table S8). Immediately after the end of the bloom, at four of these in total six representative shown apiaries in Fig. 3 mortalities of more than approximately 200 bees were observed (Pfatten (318), Tirol (302), Tisens (194) and Partschins (200)). Similar mortalities were observed on apiary Kaltern on May 13 (216) and at the end of May on the apiaries D. Tyrol (maximum on May 20 and 21 with 293) and Eppan (maximum on May 29, 30 and 31 with 183). Other increased mortalities were observed at the beginning of June on the apiaries Pfatten (maximum on June 2, 3 and 4 with 445), Partschins (maximum on June 4 with 236) and D. Tyrol (maximum on June 2 and 3 with 221). Whether samples of dead bees were contaminated or not contaminated with active agents/insecticides harmful to bees, is indicated in our plot by letters.

Figure 4 gives an overview of the mortality registered in front of some apiaries for the three years of observation. Presented data are limited on the results of three apiaries each of the two investigated areas each year. Most of the strongest increases in mortality were observed after apple bloom. Before bloom, mortality was more or less constant with little variations/exceptions: for example, at apiary Tyrol and Pfa-

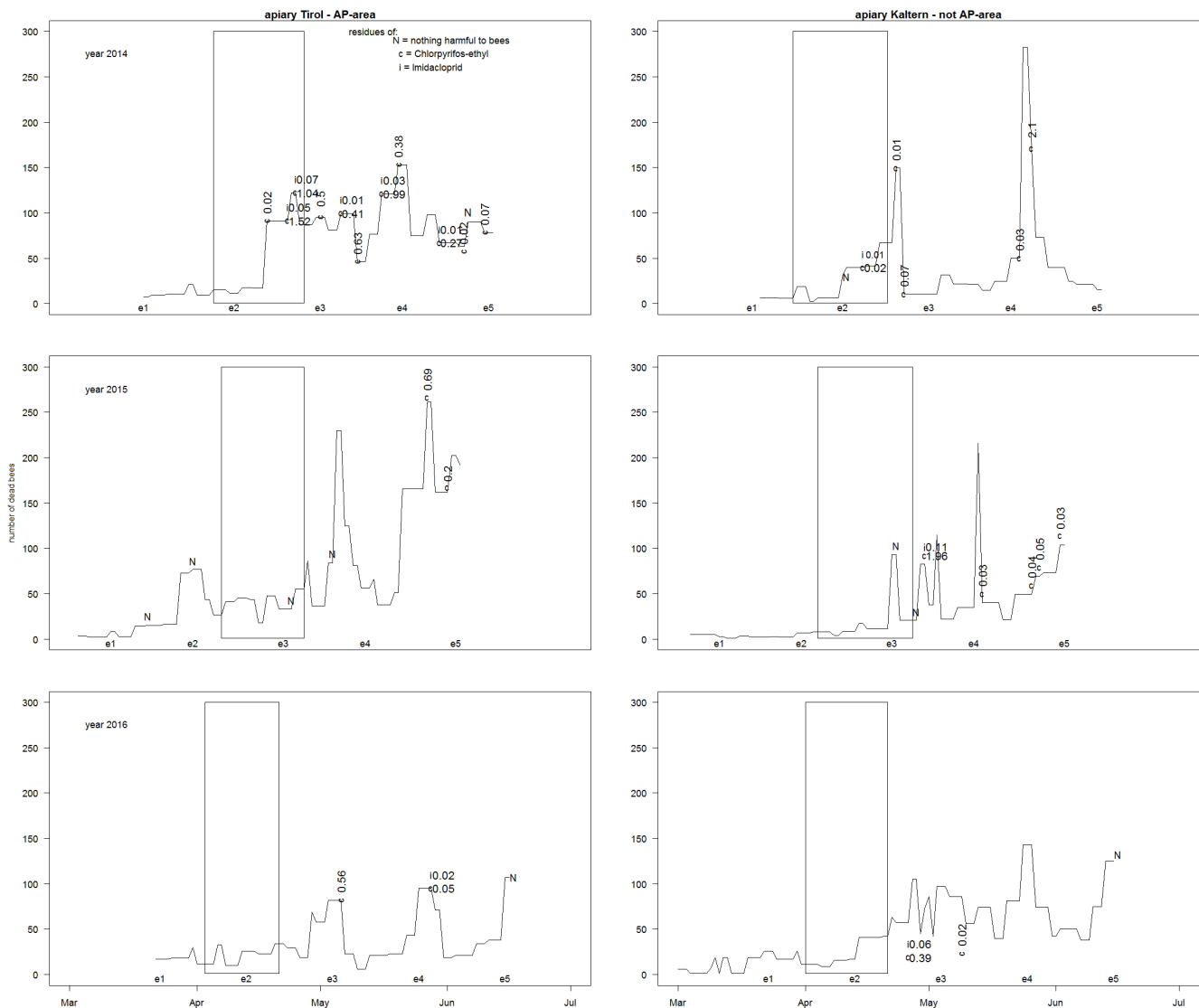


Fig. 2. Sum of dead bees per day registered in front of the hives of apiary Tyrol (left row) and apiary Kaltern (right row). The rectangles represent the periods of apple bloom. The times when colony-size was evaluated are also marked (for example e1 = evaluation of colony size no. 1 and marks the week in which the evaluations were made). The letters (N = nothing harmful to bees, c = Chlorpyrifos-ethyl, i = Imidacloprid) above or below the lines indicate the moment when dead bees were analysed for residues and whether insecticides harmful to bees were found on them or not.

tten in 2015 or in 2016 at the apiaries Tisens and Lana. At some apiaries increased mortalities were registered before the end of the bloom, for example, at three apiaries in 2014 (Kaltern 1, Tirol and Grissian) and three in 2015 (Pfatten, Epan and Partschins) and at four in 2016 (Pfatten, Lana, Epan and Tisens) (for exact numbers see Table S8). Every year, within a few days immediately after the end of the bloom-period, at most of this representatively shown apiaries mortality increased, like at apiary Lana in 2014 and 2016 or in Pfatten 2015 and 2016. Moreover, at some apiaries some occasional, momentary increased mortalities were observed, for example at the end of May (Lana 2016) or the beginning of June (Pfatten 2015).

For those points in time at which most of the dead bees in front of the hives of an apiary were registered, it was often possible to take a sample and analyse it later in the laboratory for chemical residues. In the 210 of the 347 analysed samples (overview in Table S7), in which products harmful to bees

were found, Chlorpyrifos-ethyl was the most frequently detected substance with 206 findings. Imidacloprid and Indoxacarb were detected 62 and 12 times, respectively. The highest absolute concentration was measured for Chlorpyrifos-ethyl, with 32.83 mg/kg, and the second highest for Imidacloprid (1.49 mg/kg) (Table 1).

From 2014–2016, bee colonies which at the end of March started with an adult population of more than 7,500 were 13 in total: one in 2014 and 2015 and eleven in 2016. The median for the adult population at the 1st evaluation was 3,312 in 2014, 4,856 in 2015, and 6,004 in 2016. These populations were all significantly different from each other (p -value always < 0.01). This clear difference especially from the year 2016 in comparison to the other two years is visible in Fig. 5: the orange squares (2016) are clearly shifted more to the right on the x-axis in comparison to the blue spots of 2014 or the green crosses from 2015. Furthermore, in the first year of monitoring, some bee colonies started with a very low number of adult

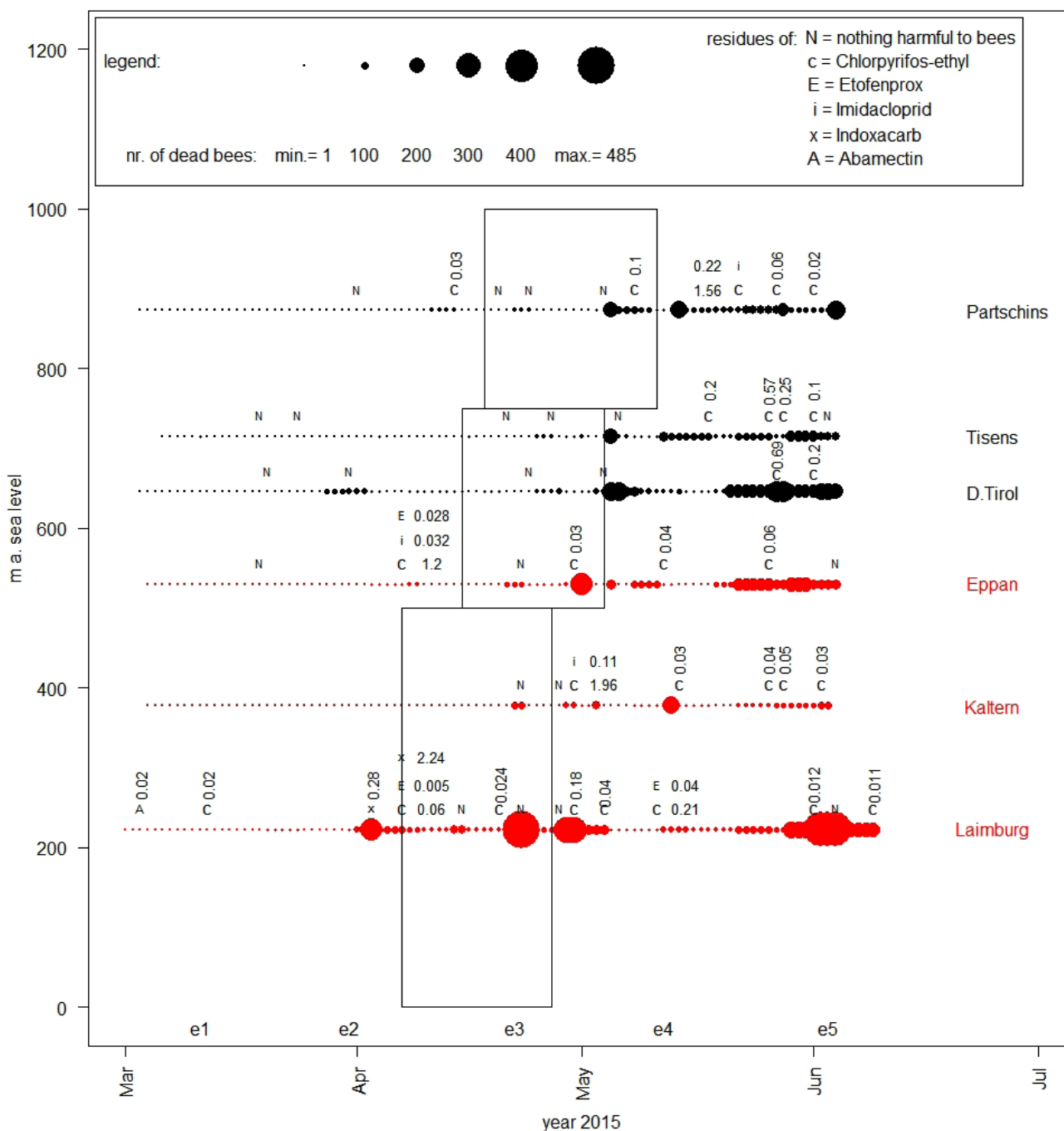


Fig. 3. Overview of the intensities of mortality on different apiaries during the observation in 2015. Points indicate the intensity of mortality (sum of the dead bees of 5 colonies per day) at the different apiaries. The bigger the circles, the more dead bees were found in front of the hives. In one line the results of one apiary are represented and at the end of the line its name is listed. For this figure only 3 representative apiaries from each of the two investigated areas (AP-area = black and non-AP-area = red) were chosen to avoid overlapping of data points and consequently reduced visibility of the results. The rectangles correspond to the periods of apple bloom according to the different altitudes. The times when colony-size was evaluated are also marked (for example e1 = evaluation of colony size no. 1 and marks the week in which all the evaluations were made). The letters (N = nothing harmful to bees, c = Chlorpyrifos-ethyl, E = Etofenprox, i = Imidacloprid, x = Indoxacarb and A = Abamectin) above the circles indicate whether samples of dead bees were contaminated by insecticides harmful to bees or not.

bees. In 2014, six colonies had an adult population ≤ 1500 bees/colony, whereas in 2015, this was the case for only one colony and in 2016 for none. Looking at the distribution of the colony-strengths at the last evaluation of colony size in Fig. 5, it is visible, that colonies from 2016 are more in the upper third of the y-axis than those from 2014 and 2015. This difference in the median of adult population size is statistically significant

(2014: 18,956, 2015: 18,283 and 2016: 34,430 bees; p-value < 0.01). In addition, the dimension of the adult population at the 1st evaluation of colony-size correlates significantly with the dimension of the adult population at the 5th determination (+ 0.47). The relationship between adult population at the 1st and the 5th evaluation of colony size is weak (lm in R showed a r^2 of 0,21) but statistically significant (p-value < 0.01).

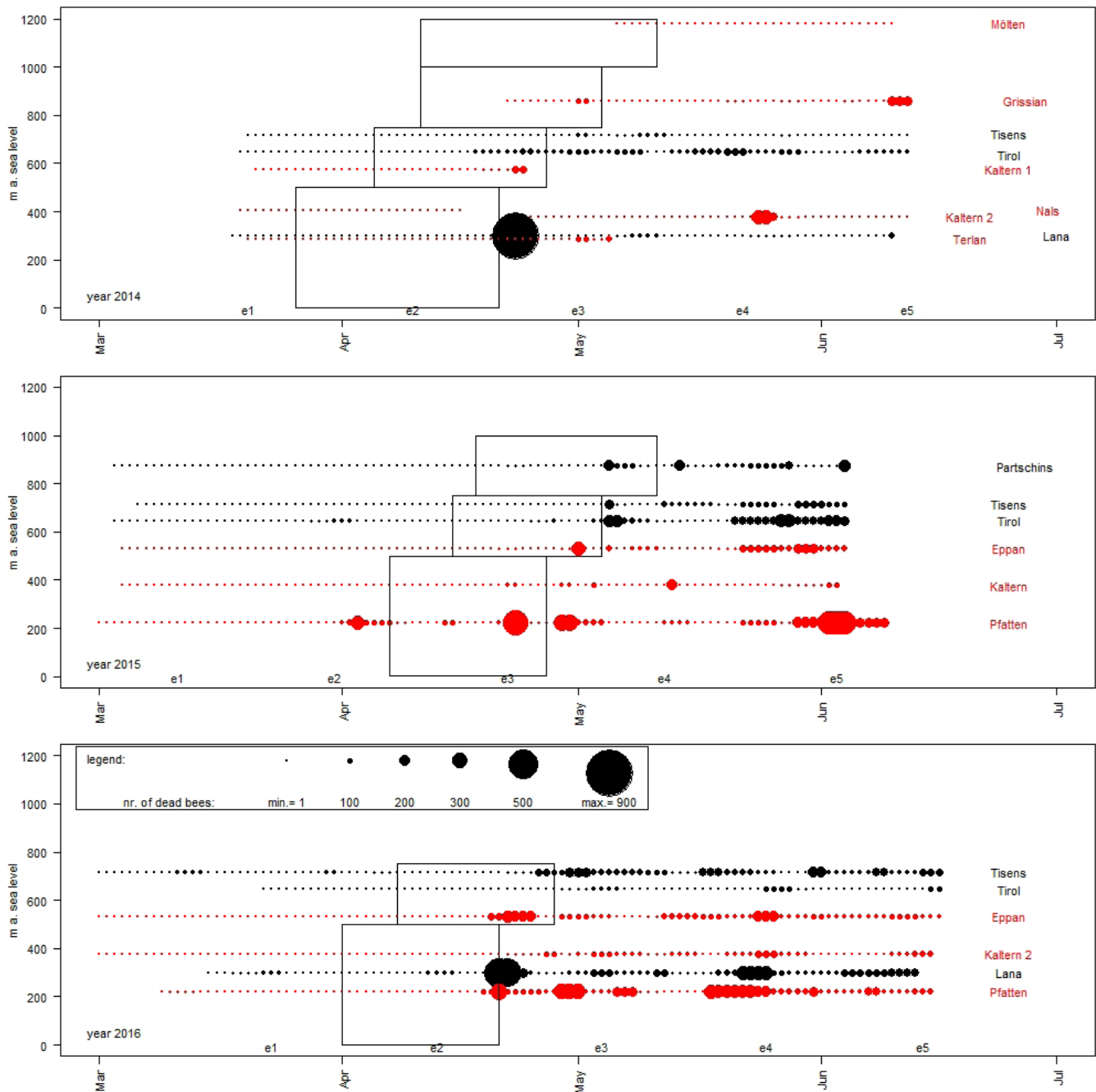


Fig. 4. Overview of the intensities of mortality on different apiaries from 2014–2016. Points indicate the intensity of mortality (sum of the dead bees of 5 colonies per day): the bigger the circles, the more dead bees were found in front of the hives. In one line the results of one apiary are represented and at the end of the line its name is listed. For this figure only 3 representative apiaries from each of the two investigated areas (AP-area = black and non-AP-area = red) were chosen for each year to avoid overlapping of data points and consequently reduced visibility of the results. The rectangles correspond to the periods of apple bloom according to the different altitudes. The times when colony-size was evaluated are also marked (for example e1 = evaluation of colony size no. 1 and marks the week in which all the evaluations were made).

Figure 6 shows the number of bees per colony at time points of colony size evaluation for the two different analysed areas "AP-area" and "non-AP". Generally, boxes increased from the 1st until the 5th evaluation in both areas (except "non-AP" at the 4th evaluation), indicating the increase of variability of colony sizes. Only at the 2nd evaluation of colony size a significant difference between the no. of bees in the hives of the two different areas was observed, while at the other four evaluations, no differences were recorded.

Discussion

This is the first study, which provides detailed information on mortality in front of honeybee colonies and colony development in South Tyrol for spring. We observed more than 60 colonies on at least 13 different apiaries in the vicinity of apple orchards over three years in areas, where different strategies for the use of insecticides harmful to bees were followed. No differences were found, when comparing the accumulation of dead bees in front of the hives of the two different

Table 1. Mean and maximum values as well as no. of detections for products harmful to bees found in the residue analyses on dead bees during the monitoring.

active substance	max [mg/kg]	mean [mg/kg]	st. dev. [mg/kg]	no. of detections
Abamectin	0.029	0.02	0.008	5
Chlorantraniliprole	0.028	0.02	0.008	5
Chlorpyrifos-ethyl	32.83	0.62	2.39	206
Chlorpyrifos-methyl	0.18	0.1	0.12	2
Dimethoate	0.55	0.12	0.18	9
Emamectin	0.01	0.01		1
Etofenprox	0.06	0.03	0.02	6
Imidacloprid	1.49	0.12	0.24	62
Indoxacarb	2.24	0.29	0.62	12
Spinosad	0.09	0.08	0.01	2
Thiamethoxam	0.02	0.02	0.003	2

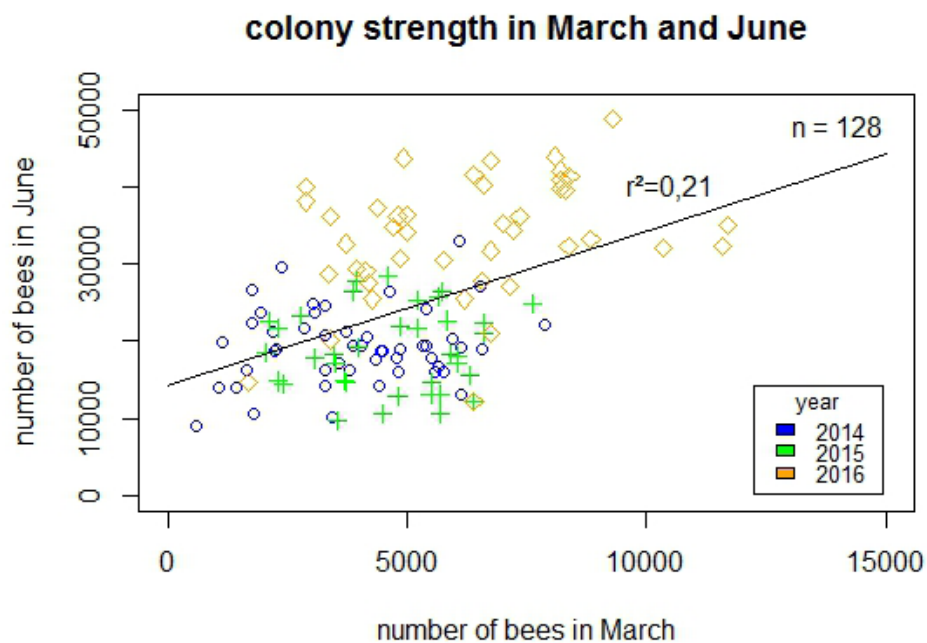


Fig. 5. Regression between the adult bee population in March at the start and that one in June at the end of the observations. The green crosses represent the data from 2014, the blue circles data from 2015, and the orange squares the data from 2016.

investigated areas. Unfortunately, no insecticide-free area for comparison was available. Even if the collection of dead bees was done in two different ways (tarp or underbasket trap) the tendency observed was always the same: moments of increments and numbers of dead bees registered in both areas (AP-area and non-AP-area) are comparable (see Figs. 2–4). Generally, numbers of collected dead bees increased from March until June. This is not surprising as considering the growing adult bee population in the colonies. Dead bees of some of the most intensive mortalities were analysed for plant protection product residues and in most of the cases products harmful to bees were found. Although an increased mortality could also be caused by pathological problems like a Nosema- (Galajda et al., 2021) or a ACPV-infection (De Miranda et al. 2010; Bakonyi et al. 2002) or being the result of the “Maikrankheit”, the residues of products harmful to

bees detected, often reached very high concentrations which increases the probability that these were the cause for the increased mortality. At the moment of the highest mortality during the bloom at Pfatten in 2015 (April 23), no residues of plant protection products were found. Since it is such a strong increase, the colony evaluation, using the Liebefelder method, (what we also often identified as a cause for an increase of mortality) on April 22 is improbable to be the only reason for it, because the impact of the evaluation to our experience is of a much lower impact. In our opinion residue-free dead bees in a moment of a sudden increased mortality in front of the hives (despite a potential pathological origin as mentioned before) could also be product of an artefact, which has the following potential explanation: a) bees were contaminated with other chemical substances interfering with the residue analysis, and b) analysis laboratories were not

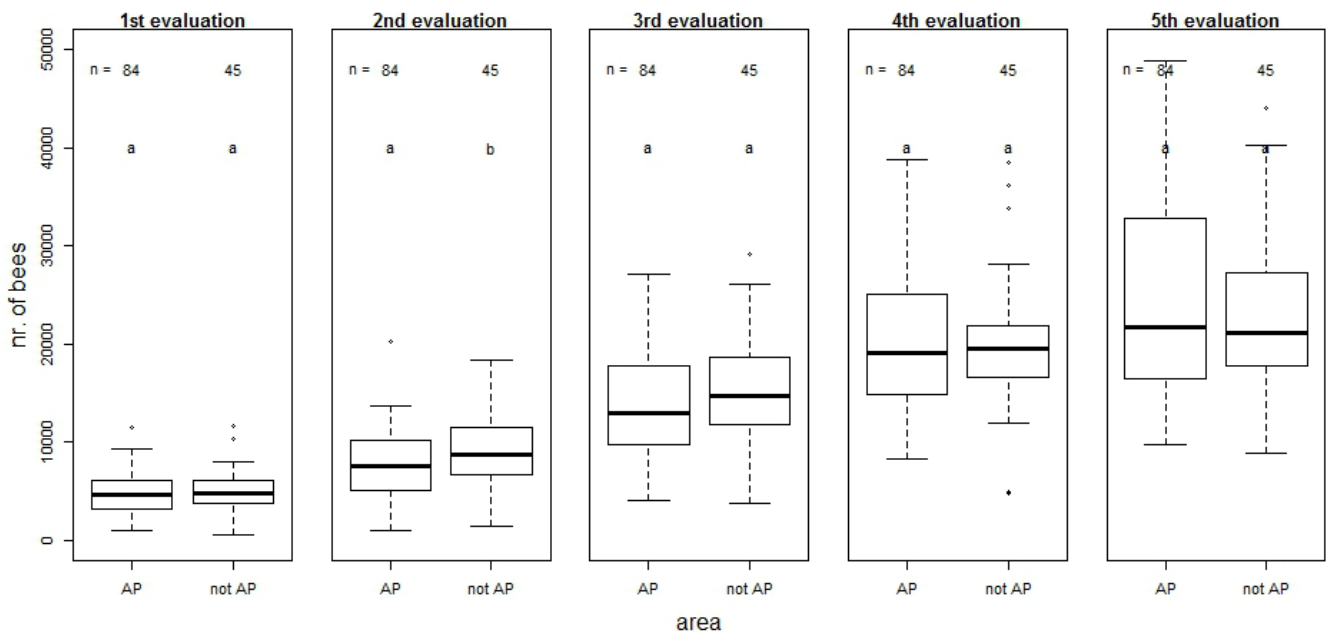


Fig. 6: Number of adult bees in the observed colonies from 2014–2016 in the two analysed areas ("AP"= high incidence of Apple Proliferation; "non-AP"= low incidence of Apple Proliferation) at the five points in time of colony size evaluation.

specialized on bees as matrix with a low analysis sensitivity and consequently 22 of the 23 samples with no residues came from the same laboratory. Due to these inconsistencies among the different laboratories regarding their residue results we did not analyse further the detected concentrations but considered only presence/absence of substances. In addition, the number of dead bees and the detected residues on them will be an argument of another article, which is in preparation to be published. Unfortunately, no further analysis to check the presence of other pathogens were made. The two increased mortalities observed at the apiary Eppan at May 2 and at apiary Partschins on May 1 during the bloom in 2015 were exemplary for observations in the other two years. These mortalities were observed always immediately after the end of the bloom of the next lower altitudinal level. This shows that the foraging activity of honeybee colonies can overlap different altitudinal levels and cause increased mortalities during bloom. However, there are some strong indications, that some of the increased mortalities observed were caused at least in part by contact with plant protection products harmful to bees. First, time of intoxication (Fig. 2, Fig. 3 or Fig. 4) and the detected substances on many of the analysed samples of dead bees (Fig. 2 or Fig. 3) fit with the suggested applications (Fig. 1). Second, regularly when investigating the apiaries symptoms which indicate an intoxication, like bees laying on the back to the ground and spinning around or sticky dead/dying bees extracting their tongue or a high amount of dead/dying bees with pollen pellets on their legs were observed. Finally, also other publications of the same investigated area (Haller, 2017; Mair & Wolf, 2017; Ungerer, 2017; Mair, 2015) reinforce this assumption. The fact that we detected active agents before the treatment ban period (Chlorpyrifos-ethyl and Imidacloprid) suggests that some farmers applied these active agents contrary to the guidelines for pomiculture (Fig. 1). Whereas Chlorpyrifos-ethyl was used mostly to protect against the vectors of apple proliferation or

the aphid *Eriosoma lanigerum*, Imidacloprid was used in apple orchards especially to protect against *Dysaphis plantaginea*. These investigations cannot clarify if the general applied strategy for products harmful to bees or a few inappropriate applications of the revealed highly harmful products are the reason for the observed intoxications. On the one hand, the application of plant protection products harmful to bees follows a sincere and responsible approach (restrictions on etiquette of plant protection product, provincial law no. 15 from 2016 and information in the guidelines for pomiculture) and on the other hand, it is obviously impossible to completely avoid that honeybees are getting in contact with the applied substances. However, we cannot exclude other non-agricultural contamination sources, such as private gardens.

A general difference between the colony development on colonies in the AP-area and those from the non-AP-area could not be identified. The results are in line with the literature on bee development as described by Wille (1984), Bühlmann (1985), Liebig (1993a; 1993b), Imdorf & Maquelin (1993) or Imdorf et al. (2008). However, these researchers worked with harmonized colony strengths whereas we worked with a non-homogenous mix of colonies, which was provided by local beekeepers. In addition, we excluded from our valuations colonies which were very small, or when they produced queen cells or when they were used for building up new colonies (which must be strong colonies). Therefore, our approach tended probably to exclude the weakest and strongest colonies of the population.

The differences between the two areas in the adult population at the moment of the 2nd evaluation of colony-size (Fig. 6) can probably be explained by the fact, that only in the AP-area colonies were located at sites above 600 m a.s.l. and there in spring the season starts later than in the lower and climatically more mild sites below 600 m a.s.l. and consequently, this delays also the expansion of the colony dimensions.

Generally, when comparing between the two analysed areas (AP-area vs. non-AP-area) we must consider that the AP-area apiaries are located more in the northern part of South Tyrol than apiaries of the non-AP-area (see Fig. S1) with different climatical conditions. Finally, we have to consider that the samples of both areas are at least for 2015 and 2016 not equally balanced: 9 apiaries from the AP-area vs. 4 apiaries from the non-AP-area. It would have been better to increase sample-size for the non-AP-area but we had not enough resources in this project.

The study gives an overview of the observed effects of the use of products harmful to bees in apple orchards of South Tyrol before, during and after the bloom, on honeybee colonies placed in their vicinity. These data help to explain and understand better the real situation in the field and should offer the opportunity to discuss on an objective basis. Further investigations must examine why and when bees are coming into the orchards even after the end of the apple bloom to identify ways, how to increase protection for honeybees and other pollinators.

Acknowledgements

The article summarizes the results from the two projects Apistox and Controlbee conducted between 2014 and 2016. Sieglinde Mair and Hannes Schuler were also involved in the 2014 surveys. Both are thanked for their dedicated cooperation. In addition, a large part of the colonies of the sites surveyed during the three years had been provided and cared for by beekeepers of the South Tyrolean Beekeepers' Association. Without their cooperation and suggestions, the project could not have been carried out. Thanks are also due to the South Tyrolean Apple Consortium and to Department 31 of the South Tyrolean Provincial Administration, which co-financed the investigations.

Conflicts of interest

The authors declare that they do not have any conflicts of interest.

Supplementary information

The supplementary information for this article can be found online at <https://doi.org/10.5073/JfK.2022.07-08.02>

References

Alaux, C., J.-L. Brunet, C. Dussaubat, F. Mondet, S. Tchamitchan, M. Cousin, J. Brillard, A. Baldy, L. P. Belzunces, Y. Le Conte, 2010: Interactions between *Nosema* microspores and a neonicotinoid weaken honeybees (*Apis mellifera*). *Environmental microbiology* **12** (3), 774–782, DOI: 10.1111/j.1462-2920.2009.02123.x.

Anese, L., V. Feichter, 2021: Der Vinschger Apfel aus Südtirol. IDM Südtirol – Alto Adige, URL: <https://www.vinschgau.net/de/essen-geniessen/lokale-produkte/apfel.html>.

Autonomous Province of South Tyrol, 2016: Bestimmungen auf dem Gebiet des Pflanzenschutzes. Landesgesetz vom 15. April 2016, Nr. 8, URL: http://lexbrowser.provinz.bz.it/doc/de/204538%c2%a730/landesgesetz_vom_15_april_2016_nr_8/art_3_schutz_der_bienen_span_span.aspx.

Autonomous Province of South Tyrol, 2017: Neue Erkenntnisse zur Bienengesundheit. Über Zustand und Schutz der Bienenvölker in Südtirol wurde heute (6. Februar) bei einer Pressekonferenz informiert. Zugriff: 05.03.2021, URL: http://www.provinz.bz.it/news/de/news.asp?news_action=5&news_article_id=577820.

Autonomous Province of South Tyrol, 2020: Agrar- und Forstbericht 2020. Zugriff: 05.07.2022, URL: https://issuu.com/landsuedtirol-provinciabolzano/docs/forst_agrar-katalog_deutsch_internet_2020?fr=sYjhiODczMDk3Nw.

Bakonyi, T., R. Farkas, A. Szendrői, M. Dobos-Kovács, and M. Rusvai, 2002: Detection of acute bee paralysis virus by RT-PCR in honey bee and *Varroa destructor* field samples: rapid screening of representative Hungarian apiaries. *Apidologie*, **33** (1) 63–74. DOI: <https://doi.org/10.1051/apido:2001004>.

Bühlmann, G. 1985: Assessing population dynamics in a honeybee colony. *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie* **4** (4-6), 312–316.

Dalla Via, J., H. Mantinger, 2012: Die Landwirtschaftliche Forschung im Obstbau Südtirols. *Erwerbs-Obstbau* **54**, 83–115, DOI: 10.1007/s10341-012-0171-x.

Decourtye, A., J. Devillers, E. Genecque, K. Le Menach, H. Budzinski, S. Cluzeau, M.H. Pham-Delègue, 2005: Comparative sublethal toxicity of nine pesticides on olfactory learning performances of the honeybee *Apis mellifera*. *Archives of environmental contamination and toxicology* **48** (2), 242–250, DOI: 10.1007/s00244-003-0262-7.

De Miranda, J.R., Cordoni, G., Budge, G., 2010: The Acute bee paralysis virus-Kashmir bee virus-Israeli acute paralysis virus complex. *Invertebr Pathol.* **103** (1) 30–47. DOI: 10.1016/j.jip.2009.06.014.

Fischnaller, S., M. Parth, M. Messner, E. Mitterutzner, C. Mittelberger, R. Stocker, K. Janik, 2019: Monitoring psyllid vectors of apple proliferation in South Tyrol (Italy). A multi-year survey. *Phytopathogenic Mollicutes* **9** (1), 101–102, DOI: 10.5958/2249-4677.2019.00051.3.

Galajda, R., A. Valenčáková, M. Sučík, P. Kandráčková, 2021: Nosema Disease of European Honey Bees. *Fungi* **7** (9): 714. DOI: 10.3390/jof7090714.

Haller, M. 2017: A monitoring study to assess mortality and development effects on honeybee colonies placed in apple orchards of South Tyrol. Bachelor thesis. Free University of Bozen – Bolzano, Bozen. Naturwissenschaftliche Fakultät.

Henry, M., M. Béguin, F. Requier, O. Rollin, J.-F. Odoux, P. Aupinel, 2012: A common pesticide decreases foraging success and survival in honey bees. *Science* **336** (6079), 348–350, DOI: 10.1126/science.1215039.

- Imdorf, A., C. Maquelin, 1993:** Volksschätzung im zeitigen Frühjahr. Populationsmessung in Diskussion geraten. Schweizerische Bienen-Zeitung **116**, 392–395.
- Imdorf, A., K. Ruoff, P. Fluri, 2008:** Volksentwicklung bei der Honigbiene. Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP (Hrsg.). ALP forum 2008, Nr. 68 d. Zugriff: 13.11.2019, URL: https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/nutztiere/bienen/biologie/volksentwicklung/_jcr_content/par/columncontrols/items/0/column/externalcontent.bitexternalcontent.exturl.pdf/aHR0cHM6Ly9pcmEuYWdyb3Njb3BILmNoL2RILUNIL0FqYXgvRW/luemVscHVibGl-rYXRpb24vRG93bmxvYWQ_ZWluemVscHVibGl-rYXRpb25JZ-D0yMDQ4Mw==.pdf.
- Liebig, G., 1993a:** Die biologischen Grundlagen der Volksentwicklung. Einführung in die Methode der Populationschätzung (I). Deutsches Bienen Journal **1993** (1), 14–15.
- Liebig, G., 1993b:** Die biologischen Grundlagen der Volksentwicklung (III) – Die Bruttätigkeit während der Saalweidenblüte. Deutsches Bienen Journal **1993** (3), 10–11.
- Mair, B., 2015:** Effetti dell'uso di prodotti fitosanitari pericolosi per le api: Risultati di un programma di monitoraggio in frutticoltura. Masterarbeit. Università degli studi di Padova, Padua. Dipartimento di Agronomia.
- Mair, B., M. Wolf, 2017:** Beobachtungen von Bienenvölkern im Südtiroler Apfelanbau. Obstbau Weinbau **54**, (7/8), 29–34.
- Österreicher, J., M. Unterthurner, 2014a:** Starker Anstieg von Apfeltriebsucht im Burggrafenamt und Vinschgau. Obstbau Weinbau **51**(2), 52–54.
- Österreicher, J., M. Unterthurner, 2014b:** Zusammenhänge zwischen Blattsaugerbekämpfung und Apfeltriebsuchtbefall. Vorschläge zur Abwehr 2014. Obstbau Weinbau **51** (2), 55–57.
- Pistorius, J., D. Thorbahn, G. Bischoff, 2021:** Jahresbericht der Untersuchungsstelle für Bienenvergiftungen für 2020. Journal für Kulturpflanzen **73** (3–4), 101–102, DOI: 10.5073/JfK.2021.03-04.06.
- Potts, S.G., V. Imperatriz-Fonseca, H.T. Ngo, M.A. Aizen, J.C. Biesmeijer, T.D. Breeze, L. V. Dicks, L.A. Garibaldi, R. Hill, J. Settele, A.J. Vanbergen, 2016:** Safeguarding pollinators and their values to human well-being. Nature **540** (7632), 220–229, DOI: 10.1038/nature20588.
- Provincial institute for statistics, 2016:** Landwirtschaft in Zahlen – Agricoltura in cifre. Autonomous Province of South Tyrol. Bozen. URL: https://astat.provinz.bz.it/de/aktuelles-publikationen-info.asp?news_action=300&news_image_id=899503.
- R Core Team, 2016:** R: A Language and Environment for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>.
- Sánchez-Bayo, F., D. Goulson, F. Pennacchio, F. Nazzi, K. Goka, N. Desneux, 2016:** Are bee diseases linked to pesticides? – A brief review. Environment international **89-90**, 7–11. DOI: 10.1016/j.envint.2016.01.009.
- Südtiroler Beratungsring für Obst- und Weinbau, 2014:** Leitfaden Apfel. Lana: Pötzelberger Druck GmbH.
- Südtiroler Beratungsring für Obst- und Weinbau, 2015:** Leitfaden Apfel. Lana: Pötzelberger Druck GmbH.
- Südtiroler Beratungsring für Obst- und Weinbau, 2016:** Leitfaden Apfel. Lana: Pötzelberger Druck GmbH.
- Südtiroler Imkerbund, 2021:** Der Südtiroler Imkerbund und seine Struktur. Bozen. URL: <https://www.suedtirolerimker.it/de/der-imkerbund/ueber-uns>.
- Ungerer, V., 2017:** Vegetationskundliche Erhebungen des blühenden Unterwuchses in Südtirols Apfelanlagen und dessen Bedeutung für die Honigbiene. Bachelorarbeit. University of applied sciences Weihenstephan-Triesdorf, München. Gartenbau und Lebensmitteltechnologie.
- Wallner, K., 1995:** Bienenschäden im Weinbau. Versuche und Beobachtungen zu den Ursachen der Bienenschäden in Weinbaugebieten der Ortenau vor und während der Reblüte. Stuttgart: Dr. Neinhaus Verlag AG.
- Wille, H. 1984:** Überlebensstrategien des Bienenvolkes. Liebefeld, 169–182. Zugriff: 10.12.2019, URL: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwik08b326rAhXO26QKHf-GB9EQFjAAegQIBRAC&url=https%3A%2F%2Fwww.summ-summ.ch%2Fapp%2Fdownload%2F10847897595%2FWille_Ueberlebensstrategien.pdf%3Ft%3D1488210726&usg=AOvVaw03U6C-3CBUR8JlbTviBlOwT.
- Wolf, M., R. Zelger, 2009:** Bienenschäden während der Obstbaumblüte 2009. Obstbau Weinbau **47** (11), 375–377.

Eckhard Koch, Petra Zink, Ada Linkies

Isolierung und Charakterisierung von pilzlichen Erregern des Schwarzen Rindenbrandes an Apfelbäumen mit Hilfe des „Apfeltests“

Isolation and Characterization of fungal causal agents of black bark disease of apple using the “apple test”

Affiliation

Julius Kühn-Institut (JKI) – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Biologischen Pflanzenschutz, Dossenheim.

Kontaktanschrift

Dr. Ada Linkies, Julius Kühn-Institut (JKI) – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Biologischen Pflanzenschutz, Schwabenheimer Str. 101, 69221 Dossenheim, E-Mail: ada.linkies@julius-kuehn.de

Zusammenfassung

In den letzten, häufig von Trockenheit geprägten Jahren hat sich der Schwarze Rindenbrand an Apfel- und Birnenbäumen in verschiedenen Teilen Deutschlands zunehmend zu einem Problem entwickelt. Ziel der vorliegenden Arbeit war es daher, methodische Grundlagen zur Isolierung der Erreger aus Apfelbäumen und ihrer Charakterisierung im Labor zu erarbeiten. Die Experimente beinhalteten die klassische Isolierung durch Auslegen von erkranktem Gewebe auf Agarmedien sowie ein in der Literatur als „Apfeltest“ beschriebenes Verfahren, bei dem befallene Rinde in Apfelfrüchte gesteckt wird. In der Folge reichern sich Pathogene im Gewebe an und können aus den entstehenden Faulstellen isoliert werden.

Aus dem Stammholz eines im Wipfelbereich welkenden Baumes wurden nach Auslegen auf Agarmedium *Trametes versicolor*, *Diaporthe eres* sowie *Diplodia seriata* (bekannt als einer von mehreren Erregern des Schwarzen Rindenbrandes) isoliert. Diese Art wurde auch nach Auslegen befallener Rinde auf Kartoffel-Dextrose-Agar erhalten, ebenso wie *Diplodia malorum*. Durch Einstecken befallener Rindenstücke in Apfelfrüchte wurden weitere Isolate von *D. malorum*, drei Isolate von *Diplodia bulgarica* sowie *Lambertella corni-marisi*, *Penicillium* sp. und *Sclerotinia sclerotiorum* gewonnen. Im Biotest mit künstlicher Inokulation mit Reinkulturen riefen die drei letztgenannten Isolate, alle *Diplodia*-Isolate sowie *Diaporthe eres* Fruchtfäulen hervor. Die *Diplodia*-Arten wurden darüber hinaus hinsichtlich der Geschwindigkeit des Hyphenwachstums und der Sporenmorphologie charakterisiert.

Stichwörter

Apfel, Rindenkrankheiten, Ködertest, *Diplodia* spp., *Diaporthe eres*, *Lambertella corni-marisi*

Abstract

During the previous years characterized by summer-drought, black canker disease of apple and pear has become a problem in different parts of Germany. The aim of the current work was therefore to develop basic techniques for isolation of the inciting pathogens from apple trees and their characterization in the laboratory. The experiments included the standard isolation of putative pathogens by placing symptomatic tissue on agar media as well as a method described in the literature as „apple test“. For the latter, symptomatic bark pieces are inserted into apple fruits and colonization of the apple tissue is visible as rotting spots. Candidate pathogens can be easily isolated from the colonized apple tissue.

After placement of tissue from the trunk of the top of an apple tree expressing wilt symptoms, *Trametes versicolor*, *Diaporthe eres* and *Diplodia seriata* (one of several agents known to cause black canker disease) were isolated. Together with *Diplodia malorum*, the latter species was also obtained after placement of symptomatic bark pieces on potato dextrose agar. Insertion of diseased bark into apple fruits led to the isolation of further isolates of *D. malorum*, three isolates of *Diplodia bulgarica*, *Lambertella corni-marisi*, *Penicillium* sp. and *Sclerotinia sclerotiorum*. After inoculation with pure cultures into apple fruits, the latter three, all *Diplodia*-isolates and *Diaporthe eres* were pathogenic and caused fruit rots. The *Diplodia* isolates were further characterised regarding speed of hyphal growth and spore morphology.

Keywords

Apple, trunk diseases, bait method, *Diplodia* spp., *Diaporthe eres*, *Lambertella corni-marisi*



(c) Die Autoren/Die Autorinnen 2022

Dies ist ein Open-Access-Artikel, der unter den Bedingungen der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (CC BY 4.0) zur Verfügung gestellt wird (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>).

Zur Veröffentlichung eingereicht/angenommen: 12. Februar 2022/13. Juli 2022

Einleitung

Verschiedene bakterielle und pilzliche Erreger sind in der Lage, an Ästen und Stämmen von Apfelbäumen Rindenkrankheiten hervorzurufen (Ficke et al., 1984). Die Hauptschädigung am Baum sind Veränderungen in Form von Nekrosen im Rindenparenchym (Lindner, 2008), verbunden mit Verschwärzungen der Stammoberfläche, für die auch der Begriff Rindenbrand geläufig ist. Im fortgeschrittenen Stadium der Krankheit kommt es zum Ablösen der Borke, Vermorschungen des Holzes und Absterbeerscheinungen.

Ein in Deutschland seit einigen Jahren zunehmend auftretendes Schadbild ist der Schwarze Rindenbrand an Apfel und Birne. In Baden-Württemberg und Südhessen erreichte die Pilzkrankheit ein größeres Ausmaß in Folge des Hitzesommers 2003. Zu Anfang waren insbesondere auf Streuobstwiesen massive Schäden an den Bäumen zu verzeichnen, seit 2018 sind auch Bio-Erwerbsanlagen betroffen (Hinrichs-Berger, 2020). Als Verursacher des Schwarzen Rindenbrandes stehen Pilze der Gattung *Diplodia* im Fokus. Die an Rosaceen vorkommenden *Diplodia*-Arten sind sehr divers. Phillips et al. (2012) ordneten die Isolate vom Apfel vier Arten zu, *Diplodia seriata*, *Diplodia intermedia*, *Diplodia bulgarica* und *Diplodia malorum*. Nach diesen Autoren ist für viele der früher als *Diplodia mutila* bezeichneten Isolate vom Apfel die Einordnung als *D. malorum* zutreffender. In Baden-Württemberg waren von 88 *Diplodia*-Isolaten aus Rindenbrandsymptomen von Apfel und Birne fast 60 % der Art *D. bulgarica* zugehörig, gefolgt von *D. seriata*, *D. malorum*, *Diplodia juglandis* und *D. mutila* (Zugschwerdt et al., 2021). Während *D. bulgarica* in diesen Untersuchungen erstmals an Kernobst in Deutschland nachgewiesen wurde (Hinrichs-Berger et al., 2021), gibt es für *D. seriata* und *D. mutila* frühere Beschreibungen, allerdings teilweise unter synonymen Bezeichnungen (Senula & Ficke, 1983; Weiler & Kennel, 1986; Lindner, 2009; Weber & Dralle, 2013). Viele *Diplodia*-Arten können an Kern- und Steinobst Fruchtfäulen hervorrufen. So bezieht sich die Erstbeschreibung von *D. malorum* auf Pilzmaterial von der Schale fauler Äpfel und Birnen (Fuckel, 1870), und sowohl *D. seriata* als auch *D. bulgarica* wurden als Verursacher von Fruchtfäulen an Äpfeln beschrieben (Trapman et al., 2008; Díaz et al., 2019; Vučković et al., 2021).

Zur Biologie und Epidemiologie der Rindenbranderreger sind noch viele Fragen offen. Sie betreffen etwa die Rolle anderer Wirte (Cloete et al., 2011), die Ausbreitung des Inokulums in den Anlagen sowie den Einfluss prädisponierender Faktoren wie Hitzestress auf den Befall. Für viele dieser Arbeiten ist es erforderlich, die Erreger zu isolieren und in Reinkultur darzustellen. Soweit sporulierende Fruktifikationsorgane vorhanden sind, können die Sporen evtl. direkt auf Nährmedien ausgestrichen werden (Hinrichs-Berger et al., 2021), was die Isolierung erheblich erleichtert. Fehlen Sporen, so ist das Standardverfahren das Auslegen befallener Pflanzenteile auf Agarmedien. Es hat aber den Nachteil einer in der Regel geringen Selektivität, so dass neben den Pathogenen auch Saprophyten wachsen können. Senula & Ficke (1983) stellten eine Methode zur Isolation vor, bei der erkrankte Rindenstücke

in unreife Äpfel gesteckt („implantiert“) werden. Im Prinzip handelt es sich um ein Köderverfahren, dessen Selektivität darin besteht, dass das lebende Gewebe des Apfels Saprophyten ausschließt und vorhandenen Fruchtpathogenen die Besiedlung ermöglicht. Somit ist eine vergleichsweise schnelle Herstellung von Reinkulturen möglich. Bei der Isolierung aus befallenem Rindengewebe zeigten sich aber bei einigen Erregern Unterschiede in der Nachweissicherheit, und auch der Reifezustand und die Apfelsorte hatten einen Einfluss. Trotz dieser Einschränkungen kommen die Autoren zu dem Schluss, dass der Test die gleiche Nachweissicherheit für Rindenbranderreger besitzt wie die klassischen Methoden der Isolierung über Nährböden. Nach Angaben der Autoren eignete sich der „Apfeltest“ außer zur Isolierung auch zur Diagnose: nach Inokulation von Äpfeln mit Reinkulturen von neun verschiedenen pilzlichen Rindenbrandern [darunter *D. seriata*; beschrieben als *Physalospora cydoniae* Arnaud. (*Sphaeropsis malorum* Peck.)] entwickelten sich Fruchtfäulen sowie die Fruktifikationsorgane der Erreger, was eine schnelle Identifikation ermöglichte.

Die Anwendung des „Apfeltests“ wurde in weiteren Arbeiten beschrieben (Senula 1985, Senula & Ficke 1985), unseres Wissens gibt es aber keine publizierten Untersuchungen, bei denen die Isolierung von Erregern des Schwarzen Rindenbrandes im Mittelpunkt standen. Ziel der vorliegenden Arbeit war es daher, das von Senula und Ficke beschriebene Verfahren für diese Erregergruppe zu überprüfen. Dabei stand nicht die Quantifizierung der Erreger im Vordergrund, sondern die prinzipielle Eignung der Methode. Darüber hinaus sollten Erkenntnisse zum Umgang mit den Erregern, insbesondere zur Identifikation, gewonnen werden. Neben wenigen Isolierungen durch Auslegen beinhalteten die Experimente vor allem die Isolierung durch Einstecken von erkranktem Pflanzengewebe in Apfelfrüchte sowie die Überprüfung der Pathogenität durch Inokulation von Äpfeln mit Material aus Reinkulturen.

Material und Methoden

Isolierung der Pilze

Isolierung aus Stammmaterial

Die Proben stammten von einem ca. 4 m hohen Baum in einem Hausgarten im Landkreis Darmstadt-Dieburg (Südhessen), der im Wipfelbereich starke Welkesymptome zeigte und im oberen Bereich deutliche Nekrosen und Schwarzfärbungen der Rinde aufwies. In ca. 3 m Höhe wurde der Stamm in diesem Bereich mit einer Säge durchtrennt, und durch einen zweiten Schnitt eine Baumscheibe (ca. 3 cm dick, Durchmesser ca. 15 cm) abgesägt. Von letzterer wurde eine der Schnittflächen gründlich mit Wasser gewaschen, mit Natriumhypochlorid (1 %) besprüht und anschließend mit sterilem Wasser gewaschen. Nach Abtrocknen der Oberfläche wurden mit einem Skalpell ca. 1 × 10 mm lange Stücke von verschiedenen Stellen der Oberfläche ausgeschnitten und auf Kartoffel-Dextrose-Agar (PDA + A) ausgelegt.

Isolierung aus Rinde

Für die Isolierung aus Rinde wurde Material von ca. 5 Jahre alten Apfelbäumen einer Streuobstwiese aus der gleichen Region verwendet. Von sechs beprobten Bäumen zeigte einer einen Anfangsbefall und fünf einen fortgeschrittenen Befall mit dem Schwarzen Rindenbrand. Die Probenahme erfolgte in den Monaten Mai – Oktober 2021. Zunächst wurde mit einem scharfen Messer die oberflächliche Borke (sofern vorhanden) entfernt. Anschließend wurde aus den an das gesunde Gewebe angrenzenden, dunkelbraunen Schichten mit einem scharfen Messer ca. 3 mm dicke und 25 × 30 – 50 mm große Stücke geschnitten und in Haushalts-Frischhalteboxen bei 15 – 18°C aufbewahrt (Abb. 1 A, B, C). Die Weiterverarbeitung erfolgte, sofern nicht anders vermerkt, am gleichen Tag oder innerhalb der folgenden Tage.

Bei dem Baum mit Anfangsbefall wurden für die Isolierung die Methoden des sofortigen Auslegens auf Agarmedium sowie, nach ca. sechswöchiger Lagerung der Rindenstücke, die des Auslegens und des Einsteckens in Apfelfrüchte (siehe unten) angewendet. Bei dem erstgenannten Verfahren wurden aus den oben beschriebenen Holzstücken kleinere, ca. 1 mm dicke und ca. 5 × 5 mm große Stücke ausgeschnitten und auf PDA + A ausgelegt (Abb. 1 D).

Im Falle der Bäume mit fortgeschrittenem Befall wurde nur das Verfahren des Einsteckens von Rindenstücken in Apfelfrüchte angewendet. Anfang August bis Mitte Oktober 2021 wurden hierfür frisch geerntete, noch unreife Äpfel der Sorten 'Boskoop', 'Topas' und 'Brettacher' verwendet. Für später durchgeführte Inokulationen und Bioteste (siehe 'Biotest an Äpfeln' unten) wurden im Supermarkt gekaufte Früchte der Sorte 'Granny Smith' aus konventioneller Produktion verwendet. Die Früchte wurden durch oberflächliches Besprühen mit einem haushaltsüblichen Desinfektionsmittel desinfiziert und mit Küchenpapier abgetrocknet. Mit einem sauberen Messer wurden pro Apfel ein bis zwei ca. 1 cm tiefe Kerbschnitte

gemacht, in die jeweils ein Rindenstück (ca. 3 × 5 × 30 mm) gesteckt wurde. Die inokulierten Äpfel wurden einzeln oder zu zweit in 15 × 15 cm großen Papiertüten im Dunkeln bei ca. 20°C aufbewahrt. Nach Auftreten von Symptomen im Bereich der eingesteckten Rinde (Abb. 1 E, F) wurden aus den Befallsstellen ca. 3 × 3 × 3 mm große Stücke ausgeschnitten und auf PDA + A gelegt.

Biotest an Äpfeln zur Charakterisierung der Pathogenität

Für die Bioteste wurde in den Versuchen mit Stamm- und Astisolaten jeweils ein Satz von vier Streuobst-Äpfeln ('Boskoop', 'Topas', 'Brettacher' und eine weitere, nicht bekannte Sorte) verwendet, die Versuche mit Rindenisolaten wurden an Einzelfrüchten der Sorte 'Granny Smith' durchgeführt (siehe vorherigen Absatz). Die Äpfel wurden, wie oben beschrieben, oberflächlich desinfiziert, und pro Apfel wurden mit einem Skalpell zwei bis vier Vertiefungen von ca. 5 × 5 × 5 mm ausgeschnitten. Diese wurden anschließend mit bewachsenem Agar aus Petrischalen oder mit Material aus den Faulstellen anderer Äpfel aufgefüllt und mit transparentem Büroklebeband überklebt. Die so inokulierten Früchte wurden wie beschrieben in Papiertüten oder Gefrierbeuteln im Dunkeln inkubiert oder alternativ im Abstand von ca. 50 cm bei 20°C unter Schwarzlichtlampen (Dauerlicht) gelegt.

Ermittlung der Geschwindigkeit des Hyphenwachstums

PDA-Platten wurden mittig mit einem bewachsenen Agargestück beimpft und bei 20°C im Dunkeln inkubiert. Beginnend am folgenden Tag, wurde im Abstand von 24 Stunden der radiäre Zuwachs der Hyphen an vier Stellen pro Platte angezeichnet und vermessen. Aus den vier erhaltenen Messwerten wurde die stündliche Wachstumsrate für jede Platte ermittelt. Aus den Wachstumsraten von jeweils drei Platten

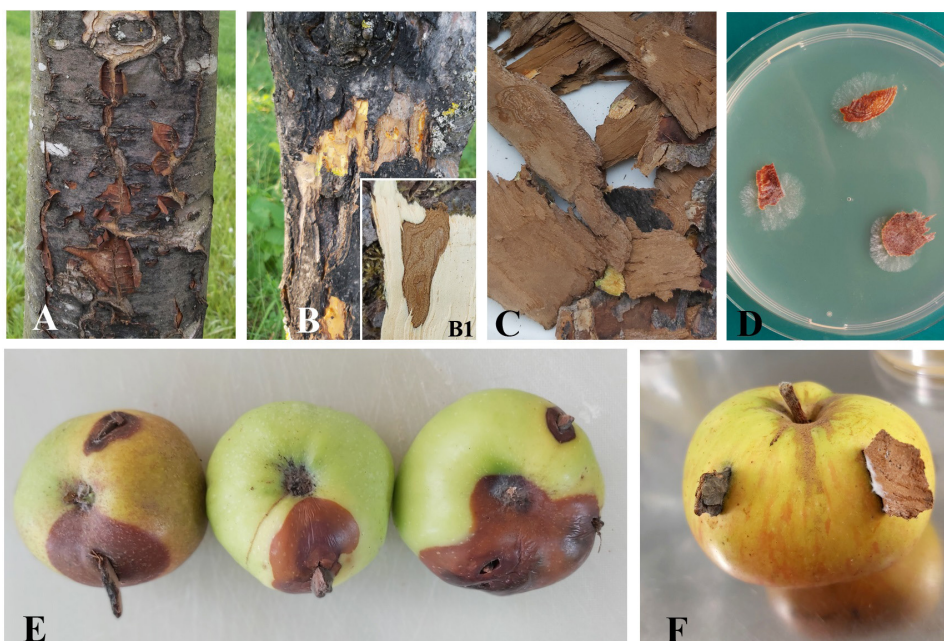


Abb. 1. Isolierung durch Auslegen der Rinde auf Agarmedium oder Einstecken in Apfelfrüchte. A: Baumstamm mit Rindenbrand im Frühstadium; B: Fortgeschrittener Befall, die Rinde wurde teilweise entfernt; B1: Typische scharfe Abgrenzung zwischen befallenem und gesundem Holz; C: Für die Inokulation verwendetes Rindenmaterial; D: Rindenstücke auf PDA + A mit auswachsenden Hyphen von *Diplodia malorum* (Aufnahme 3 dpi); E: Äpfel mit Faulstellen im Bereich der eingesteckten Rindenstücke (Aufnahme 8 dpi); F: Apfel mit eingesteckten Rindenstücken aber ohne Infektion (Aufnahme 8 dpi). dpi = Tage nach Inokulation

pro Isolat wurde der Mittelwert und die Standardabweichung errechnet.

Mikroskopie der Sporen

Zur Induktion der Pyknidienbildung wurden die folgenden Agarmedien verwendet: PDA, PDA halb konzentriert ("0.5 PDA") mit aufgelegten autoklavierten Zahnstochern oder Apfelholz (pro Petrischale jeweils ein Zahnstocher bzw. ein ca. 5 cm langes, längsgeteiltes Stück von 5 – 10 mm starken, vorjährigen Trieben) oder SNA (Nirenberg, 1976) mit aufgelegten Zahnstochern. Die Platten wurden mittig mit den Pilzen beimpft und bei 20°C unter Schwarzlicht aufgestellt. Nach Einsetzen der Sporulation wurden Pyknosporen entnommen und in Wasser im Hellfeld oder Interferenzkontrast eines Durchlichtmikroskops fotografiert. Die Sporenmaße wurden mit Hilfe der Software des Mikroskops (ZEN; Zeiss) ermittelt. Dafür wurde die Länge und Breite von jeweils 60 Sporen pro Isolat vermessen und Mittelwerte und Standardabweichungen berechnet. Pyknidien wurden unter einem Stereomikroskop fotografiert.

DNA-Isolierung, PCR und DNA-Identifikation

Die molekulare Identifikation der Isolate erfolgte normalerweise aus Reinkulturen auf Petrischalen. Dafür wurde eine stecknadelkopfgroße Menge Pilzmaterial aus etwa 14 Tage alten, auf PDA gewachsenen Reinkulturen mit einem Spatel in 1,5 ml Eppendorfgefäße überführt. Im Falle der *Diplodia*-Isolate BI 7452, BI 7453, BI 7454, BI 7455 und BI 7456 wurde parallel Gewebe aus Faulstellen von Äpfeln verwendet, die acht Tage zuvor mit Reinkulturen dieser Isolate inokuliert worden waren (vergl. „Biotest an Früchten“). Für die DNA-Isolierung wurden ca. 5 × 5 × 5 mm große Stücke aus den Faulstellen ausgeschnitten. Das Material aus den Faulstellen sowie das Mycel von den Petrischalen wurde mit einem Kunststoff-Pistill direkt in den Eppendorf-Gefäßen zerkleinert. Danach erfolgte die DNA-Isolierung mit Hilfe des DNeasy Plant Mini Kits (Qiagen, Hilden, Deutschland) nach Angaben des Herstellers, die reine DNA wurde in 50 µl eluiert. Für eine sichere Identifikation wurde die molekulare Bestimmung der oben genannten *Diplodia*-Isolate über zwei Genorte durchgeführt, zum einen über den ITS-Bereich (internal transcribed spacer) mit den Primern ITS1 und ITS4, zum anderen über den EF-1a (elongation factor 1-*alpha*)-Lokus mit den Primern EF1-986R und EF1-728F, wie bei Phillips et al. (2012) beschrieben. Für alle anderen Pilzisolat wurde die Bestimmung ausschließlich mit Hilfe der ITS-Primer. Die PCR-Reaktion erfolgte mit einer Standard Taq-Polymerase (Axon Labortechnik, Kaiserslautern, Deutschland) unter folgenden Bedingungen: Denaturierung für 5 min bei 95°C, Amplifikation mit 40 Zyklen (30 sec 95°C, 30 sec 54°C für 50 sec für ITS; bzw. 30 sec 95°C, 30 sec 50°C und 30 sec 72°C für EF-1a), gefolgt von einer finalen Extension für 10 min bei 72°C. Nach Überprüfung mit Gel-Elektrophorese und Aufreinigung der PCR-Produkte mit dem ExoSAP-IT PCR Product Cleanup-Kit (Thermo Fisher Scientific, Massachusetts, USA) erfolgte die Sequenzierung (Microsynth, Göttingen, Deutschland) von jeweils mindestens zwei PCR-Produkten je Isolat. Für die Darstellung der Sequenzen und für Sequenzvergleiche wurde das Programm Geneious

Prime (Auckland, Neuseeland) verwendet. Die Identifikation wurde über eine BLAST-Suche mit Standard-Einstellungen durchgeführt. Die höchste Übereinstimmung erfolgte anhand des E-values.

Ergebnisse

Isolate aus Stammholz

Bei den aus der Baumscheibe erhaltenen Reinkulturen dominierte *Trametes versicolor*, außerdem wurden *D. seriata* (BI 7440) und *Diaporthe eres* (BI 7441) (Abb. 2 A, B) gefunden. Im Biotest an Apfel Früchten mit Material von bewachsenen PDA-Platten erwiesen sich *D. seriata* und *Diaporthe eres* als sehr pathogen. Acht Tage nach der Inokulation hatten die Faulstellen bei allen Äpfeln einen Durchmesser von mehr als 2 cm (Tab. 1) erreicht.

Isolate aus der Rinde

Das Material für die Inokulationen stammte von insgesamt sechs Apfelbäumen, von denen einer einen Anfangsbefall und fünf einen fortgeschrittenen Befall mit Rindenbrand aufwiesen (Abb. 1A, B). Aus dem Baum mit Anfangsbefall wurden nach Auslegen von Rinde auf PDA + A *D. seriata* und *D. malorum* isoliert. *Diplodia malorum* konnte auch noch nach ca. sechswöchiger Lagerung der Rindenstücke isoliert werden, und zwar sowohl durch Auslegen auf Agar als auch durch Einstecken in Apfel Früchte. Für die Isolierungen aus den anderen fünf Bäumen wurde nur das Verfahren des Einsteckens von Rindenstücken in Apfel Früchte angewendet. Damit wurden mehrere Isolate von *D. malorum* und *D. bulgarica* erhalten, von denen die in Tab. 2 genannten als typische Vertreter ausgewählt wurden. *Lambertella corni-maritima*, *Penicillium* sp. und *Sclerotinia sclerotiorum* wurden je einmal isoliert (Tab. 2).

Für die molekulare Identifikation der *Diplodia*-Isolate in Tabelle 2 mit der PCR wurde zum einen Material zunächst aus den Befallsstellen auf PDA übertragen und aus den sich daraus entwickelnden Pilzkulturen die DNA extrahiert. Zusätzlich wurde ein weiteres Verfahren überprüft, indem aus den Befallsstellen von künstlich mit Reinkulturen inokulierten Apfel Früchten faules Gewebe entnommen und direkt für die DNA-Extraktion und die folgende PCR-Reaktion verwendet

Tab. 1. Übersicht der aus Stammholz durch Auslegen auf Nährmedium isolierten Pilze und ihre Pathogenität im Biotest

Isolatnummer	Ergebnis der molekularen Artbestimmung (ITS-Lokus: Acc.no. und Identität)	Größe der Faulstellen im Biotest ^a
–	<i>Trametes versicolor</i>	n.u. ^b
BI 7440	<i>Diplodia seriata</i> (GU121876.1, 100 %)	> 2 cm
BI 7441	<i>Diaporthe eres</i>	> 2 cm

^a Je eine Frucht von 'Topas', 'Boskoop', 'Brettacher' und einer unbekanntem Sorte; ^b n.u. = nicht untersucht

wurde. Dabei wurde stets die für die Beimpfung verwendete *Diplodia*-Art nachgewiesen. In keinem Fall gab es Verunreinigungen durch andere Mikroorganismen oder durch sonstige Inhibitoren aus dem Apfelmaterial, die die PCR oder die darauffolgende Sequenzierung gestört hätten. Somit wurden auf beiden Wegen identische Ergebnisse erzielt.

In einigen Fällen führte das BLAST-Ergebnis eines Lokus (ITS oder EF) bei den *Diplodia*-Isolaten zu zwei gleich wahrscheinlichen Ergebnissen, d. h. zu zwei Arten mit jeweils hundertprozentiger Übereinstimmung. Da jedoch zwei Genorte verwendet wurden, konnte nach dem Ausschlussverfahren für alle Isolate die Art zweifelsfrei molekular bestimmt werden (Tab. 2).

Überprüfung der Pathogenität im Apfeltest

Im Pathogenitätstest an Apfelfrüchten wurden bei allen geprüften Sorten die Befallsstellen etwa drei Tage nach der Inokulation sichtbar und nahmen im weiteren Zeitverlauf schnell an Größe zu, so dass nach 2 – 3 Wochen große Bereiche der Frucht betroffen waren. Es deutete sich an, dass die Faulstellen auf der Sorte Boskoop eher kleiner und auf den Sorten 'Brettacher' und 'Granny Smith' eher etwas größer waren.

Auch nach mehrwöchiger Lagerung von mit *D. malorum* oder *D. bulgarica* inokulierten Äpfeln wurden auf den Faulstellen keine Pyknidien gebildet, weder nach Lagerung im Dunkeln in Papiertüten oder Gefrierbeuteln, im Tageslicht noch unter Schwarzlicht. Nach Inokulation der Apfelfrüchte mit *D. seriata* BI 7440 und BI 7456 wurden in wenigen Fällen Pyknidien beobachtet, die auch auf großen Bereichen der Faulstellen in hoher Dichte auftraten, aber, wenn überhaupt, nur ganz wenige Sporen aufwiesen.

Eigenschaften der Isolate aus Rinde

Die Isolate von *D. bulgarica* sporulierten nach zwei- bis dreiwöchigem Aufstellen unter Schwarzlicht auf 0.5 PDA mit auf-

gelegtem Apfelholz, meist am oder in der Nähe des Holzes. Sporulation wurde auch auf PDA-Platten beobachtet, die zwei Wochen im Dunkeln gewachsen waren und anschließend unter Schwarzlicht aufgestellt wurden (Abb. 2 C). Bei *D. bulgarica* ließen sich drei Stämme unterscheiden. *Diplodia bulgarica* BI 7453 und BI 7454 waren einander sehr ähnlich hinsichtlich Sporenmaßen und Mycelwachstum und unterschieden sich von *D. bulgarica* BI 7452 durch ein schnelleres Mycelwachstum und kürzere Sporen (Tab. 2). *Diplodia bulgarica* BI 7453 ließ sich von BI 7454 anhand der dunkel gefärbten, vergleichsweise kleinen Faulstellen im Apfeltest abgrenzen (Abb. 3).

Diplodia malorum wurde in dieser Untersuchung mehrfach isoliert, als repräsentativer Vertreter wurde nur ein Isolat (BI 7455; isoliert aus Apfelfrucht) fortgeführt. *Diplodia malorum* BI 7455 kam unter Schwarzlicht ca. drei Wochen nach Inokulation auf PDA, auch ohne aufgelegtes Apfelholz oder Zahnstocher, zur Sporulation. Die Sporen waren hyalin und unseptiert oder dunkel mit einem, gelegentlich auch zwei Septen (Abb. 3 D). Daneben gab es Übergangsformen. Auf dem Nährboden lagen hyaline und dunkle Sporen von BI 7455 häufig in getrennten Häufchen (Abb. 2 D, E), traten aber auch in Mischung auf. Die von BI 7455 hervorgerufenen Faulstellen waren wie die von *D. bulgarica* BI 7453 tief dunkel gefärbt.

Von den aus Rinde isolierten Pilzen war *D. seriata* 7456 das am schnellsten wachsende Isolat (Tab. 2). Wie auch *D. seriata* 7440 (aus Stammholz) bildete es auf PDA viel Mycel und kaum Pyknidien, aber auf SNA mit aufgelegten Zahnstochern wurden am Holz einige sporulierende Pyknidien gebildet. Die Konidien waren schmaler als die der anderen *Diplodia*-Isolate und erschienen vergleichsweise dunkel (Abb. 3 E), was vermutlich auf die stark strukturierte Konidienwand zurückzuführen war. Auch bei *D. seriata* BI 7440 wurden gelegentlich septierte Sporen beobachtet. Nach dem Ausstreichen von Sporen sporulierten alle *Diplodia*-Isolate meist schneller als nach Übersetzen von Mycel.

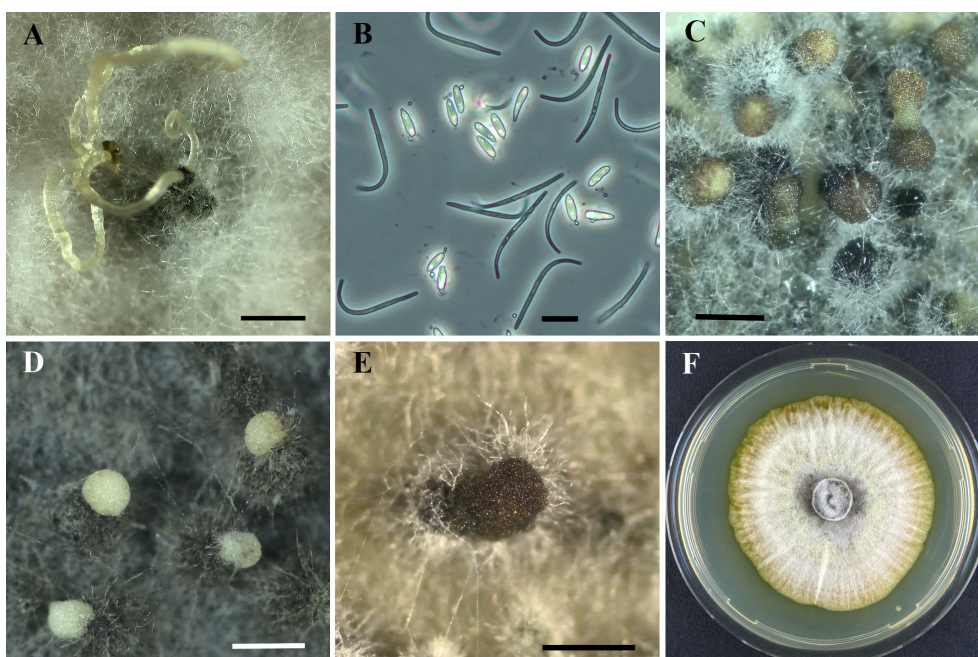


Abb. 2. A – B *Diaporthe eres* BI 7441; A: Sporenranken (Circen), B: Alpha-Konidien und fadenförmige Beta-Konidien. C: Pyknidien von *Diplodia bulgarica* BI 7453; D – E: *Diplodia malorum* BI 7455; D: Pyknidien mit austretenden hyalinen Konidien; E: Pyknidium mit dunklen Konidien. F: *Lambertella corni-marisi* auf PDA (8dpi). Maßstabsbalken: A, C, D, E = 500 µm; B = 10 µm.



Abb. 3. Charakteristika von *Diplodia*-Isolaten. Oben: Kolonie auf PDA; Mitte: Konidien; Unten: Faulstellen auf Granny Smith, 7 Tage nach Inokulation mit Petrischalenmaterial. A: *Diplodia bulgarica* BI 7452; B: *D. bulgarica* BI 7453; C: *D. bulgarica* BI 7454; D: *Diplodia malorum* BI 7455; E: *Diplodia seriata* BI 7456. Maßstabsbalken: Konidien = 20 μ m; Faulstellen = 1 cm.

Tab. 2. Übersicht der aus Rinde isolierten Pilze

Isolat- Nummer	Ergebnis der molekularen Artbestimmung			Sporenmaße [μ m] ^a	Mycel- wachstum [mm/24 h] ^b	Durchmesser der Faulstellen im Biotest [mm] ^c
	Höchste BLAST-Hits (ITS; Acc.no und Identität)	Höchste BLAST Hits (EF-1a; Acc. no und Identität)	Überein- stimmung			
BI 7452 ^d	<i>D. bulgarica</i> (MT239082.1, 99 %)/ <i>D. mutila</i> (MN634023.1, 99 %)	<i>D. bulgarica</i> (MN485770.1, 100 %)	<i>Diplodia bulgarica</i>	27.7 \pm 1.52 \times 14.0 \pm 1.00	3.9 \pm 0.31	26.5
BI 7453 ^d	<i>D. bulgarica</i> (MT239082.1, 99 %)/ <i>D. mutila</i> (MN634023.1, 99 %)	<i>D. bulgarica</i> (MN485770.1, 100 %)	<i>Diplodia bulgarica</i>	25.4 \pm 2.01 \times 14.9 \pm 1.03	4.8 \pm 0.53	16.3
BI 7454 ^d	<i>D. bulgarica</i> (MT239082.1, 99 %)/ <i>D. mutila</i> (MN634023.1, 99 %)	<i>D. bulgarica</i> (MN485770.1, 100 %)	<i>Diplodia bulgarica</i>	24.1 \pm 2.03 \times 14.0 \pm 0.72	4.8 \pm 0.99	30.0
BI 7455 ^e	<i>D. malorum</i> (MH863354.1, 100 %)	<i>D. malorum</i> (MT671214.1, 100 %)/ <i>D. africa- na</i> (MT671211.1)	<i>Diplodia malorum</i>	29.8 \pm 1.43 \times 12.9 \pm 0.79	6.7 \pm 0.13	30.0
BI 7456 ^e	<i>D. seriata</i> (MT587393.1, 100 %)	<i>D. seriata</i> (MN633982.1, 100 %)	<i>Diplodia seriata</i>	25.1 \pm 1.98 \times 10.6 \pm 0.89	10.5 \pm 0.53	27.5
BI 7457 ^d	<i>Lambertella corni-mar- is</i> (AB926093.1)	n.u. ^f	-	-	3.1 \pm 0.03	34.8
- ^d	<i>Penicillium</i> sp. ^g			n.u.	n.u.	36.5
- ^d	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> ^g			n.u.	n.u.	n.u.

^a Länge \times Breite; Mittelwerte und Standardabweichungen von je 60 Sporen

^b Mittelwerte und Standardabweichungen von je 3 Petrischalen

^c Sorte Granny Smith. Gemessen 8 dpi. Mittelwert von 2 Äpfeln mit je einer Befallsstelle

^d Isoliert durch Einstecken von Rinde in Äpfel

^e Isoliert durch Auslegen auf PDA

^f n.u. = nicht untersucht

^g morphologische Bestimmung

Lambertella corni-maris (Abb. 2 F) und *Penicillium* sp. bildeten große Faulstellen, die heller waren als die von *D. malorum* und *D. bulgarica*. Außerdem war das befallene Gewebe häufig eingesunken und weicher als nach Infektion mit *D. malorum* und *D. bulgarica*. Letzteres galt insbesondere für *Penicillium* sp. Das Isolat von *S. sclerotiorum* wurde nach Feststellung der Identität in keine weiteren Untersuchungen einbezogen.

Diskussion

Im Stammholz eines sichtlich geschädigten Baumes wurde *Diplodia seriata* (= *Botryosphaeria obtusa*; Phillips et al., 2007) gefunden, eine Art, die als Verursacher von Rindenschäden an Äpfeln, Birnen und Pfirsichen weltweit auftritt (Sessa et al., 2016) und auch in Deutschland in Rindenbrandsymptomen nachgewiesen wurde (Hinrichs-Berger, 2020). Daneben konnten wir *Diaporthe eres* isolieren, ein weiterer holzerstörender Pilz, der weltweit an verschiedenen Gehölzen, darunter Apfel und anderen Obstarten, schädigt (Santos et al., 2017; Sessa et al., 2017). In einer Untersuchung zu Pilzen auf Schnittholz in Apfelanlagen gehörten sowohl *B. obtusa* als auch *Diaporthe eres* zu den am häufigsten gefundenen Schadpilzen (Weiler & Kennel, 1986). Die Schädigung des von uns untersuchten Stammholzes war wohl ganz wesentlich auf den ebenfalls isolierten Pilz *T. versicolor* (Schmetterlingstramete), ein typischer Weißfäulepilz an Apfelholz (Blaschke & Nannig, 2013), zurückzuführen. Es ist zu vermuten, dass der Rindenbefall mit *D. seriata* und *Diaporthe eres* der Wegbereiter für die nachfolgende Etablierung von *T. versicolor* war.

Aus der Rinde symptomatischer Bäume konnten wir neben *D. seriata* auch *D. malorum* und *D. bulgarica* isolieren. Da eine Artbestimmung in der Gattung *Diplodia* basierend auf morphologischen Merkmalen häufig nicht zweifelsfrei möglich ist, wurde hier auf die in Phillips et al. (2012) beschriebenen zwei Genorte ITS und EF-1a für die Artbestimmung zurückgegriffen. Mit Hilfe der zwei Genorte war die Artbestimmung für die untersuchten Isolate eindeutig, die Verwendung nur eines Lokus wäre hier nicht ausreichend gewesen.

Eine gängige Methode zur Förderung der Sporulation von *Diplodia*-Arten ist deren Kultur auf Wasseragar oder halb konzentriertem PDA mit aufgelegten Kiefernadeln (Phillips et al., 2012) oder auch Pappelholz (Phillips et al., 2007). In unseren Versuchen wurde die Fähigkeit zur Sporulation stark vom Pilzisolat bestimmt. Abhängig vom Isolat waren alle geprüften Medien mehr oder weniger gut zur Induktion der Pyknidienbildung geeignet. Wichtig war vor allem das Aufstellen der Platten unter Schwarzlicht.

Die von uns ermittelten Sporengrößen stimmten bei *D. malorum* und *D. seriata* hinreichend gut mit den Angaben in der Literatur überein (Lopes, 2008; Phillips et al., 2013). Bei den drei als *D. bulgarica* identifizierten Isolaten entsprach die Sporenlänge den Literaturangaben, allerdings war die Breite häufig geringer, so dass der resultierende Längen:Breiten-Quotient abwich (eigene Untersuchung: 1,7 – 2,0; Phillips et al., 2013: 1,5). Die morphologischen Unterschiede zwischen den drei *D. bulgarica*-Isolaten spiegelten sich nicht in den hier sequenzierten Bereichen wider, vielmehr waren letztere bei allen drei Isolaten komplett identisch. Es können natürlich

in anderen Sequenz-Bereichen, die wir hier nicht untersucht haben, Unterschiede auftreten. Wie auch von Trapman et al. (2008) berichtet, traten bei *D. seriata* vereinzelt septierte Konidien auf. Auch die beobachtete dunkle, stark strukturierte Konidienwand ist in Übereinstimmung mit den Angaben in der Literatur (Trapman et al., 2008; Phillips et al., 2013). Es ist bekannt, dass die Konidien der Botryosphaeriaceae eine beträchtliche Variabilität aufweisen, nicht nur zwischen Gattungen und Arten, sondern auch innerhalb der Art (Phillips et al., 2013). Beispielsweise variierten bei Lopes (2008) die Längen:Breiten-Quotienten bei verschiedenen Isolaten von *D. malorum* zwischen 1.8 und 2.1, und auf der Petrischale waren die Konidien durchweg länger als auf natürlichem Substrat. Auch bei Berücksichtigung weiterer Kriterien wie Sporenfarbe und Septierung ist bei dieser Pilzgruppe daher die Artunterscheidung nur anhand der Sporenmorphologie kaum möglich. In Übereinstimmung mit der Literatur war das Hyphenwachstum von *D. seriata* bei uns schneller als das von *D. malorum*, während die drei Isolate von *D. bulgarica* den langsamsten täglichen Hyphenzuwachs hatten (Lopes, 2008; González-Domínguez et al., 2017).

Mit der vorliegenden Arbeit sollte überprüft werden, ob sich das von Senula & Ficke (1983) beschriebene Verfahren, Rindenbranderreger durch Einstecken befallener Rindenstücke in Apfelfrüchte zu isolieren, auf den Schwarzen Rindenbrand anwenden lässt, und ob die Methode zur Feststellung der Pathogenität geeignet ist. Bereits wenige Tage nach der Inokulation traten um die eingesteckten Rindenstücke herum Befallsstellen auf, aus denen Material entnommen und auf Agar übertragen werden konnte. Häufig erwiesen sich die resultierenden Isolate schon als Reinkulturen, die dann im nächsten Schritt mit Hilfe der PCR identifiziert wurden. Von den durch Einstecken in Apfelfrüchte isolierten Arten sind *D. malorum* und *D. bulgarica* als Rindenbranderreger bekannt, was die prinzipielle Eignung der Methode zeigt. Ob das Verfahren zu exakt den gleichen Ergebnissen kommt wie die Isolierung durch Auslegen auf Agar muss in weiteren, vergleichenden Untersuchungen geklärt werden. Da die Methode ein Köderverfahren für Fruchtpathogene ist, war es nicht unerwartet, dass mit *S. sclerotiorum*, *Penicillium* sp. und *L. corni-maris* weitere Phytopathogene gefunden wurden, die in der Lage sind, Apfelfrüchte zu infizieren (van der Walt et al., 2010; Morales et al., 2010; Weber & Dralle, 2013; Wiseman et al., 2015).

Im Biotest an Apfelfrüchten konnte für die *Diplodia*-Arten, *Diaporthe eres* sowie *Penicillium* sp. und *L. corni-maris* die Pathogenität bestätigt werden. Dabei spielte die Herkunft (Stamm oder Rinde) und die Art der Isolierung (Auslegen der Rinde auf Agar oder Einstecken in Apfelfrüchte) keine Rolle. Grundsätzlich waren die verwendeten Apfelsorten sowohl für den Biotest als auch für die Isolierung durch Einstecken von Rindenstücken geeignet, allerdings deuteten sich leichte Unterschiede in der Anfälligkeit an. Der Reifegrad der Äpfel (kurz vor Pflückreife bis Genussreife) hatte anscheinend keinen Einfluss auf das Ergebnis. Unabhängig von der Art des Inokulums (Material von der Petrischale oder aus Faulstellen) war der Biotest sehr gut reproduzierbar und Sekundärinfektionen mit anderen Pilzen kein Problem.

Senula & Ficke (1983) berichten, dass die verschiedenen von ihnen untersuchten Rindenbranderreger (einschließlich *D. seriata*; siehe Einleitung) auf den Äpfeln sporulierten und somit leicht zu identifizieren waren. Obwohl die gleiche Methodik angewendet wurde, war das mit den von uns verwendeten Apfelsorten und unter unseren Versuchsbedingungen nicht der Fall. In einem „praktikablen“ Zeitraum von 2 – 3 Wochen wurden lediglich von *D. seriata* gelegentlich Pyknidien gebildet, allerdings fast immer ohne Sporen. Den von den Autoren beschriebenen Vorteil, die Pathogene direkt auf dem Apfel identifizieren zu können, konnten wir somit nicht bestätigen. Trotz der erforderlichen Zwischenkultur auf der Petrischale erwies sich das Verfahren in unseren Versuchen dennoch als sehr gut geeignet für die Isolierung von Rindenbranderregern. Da sowohl die Symptomentwicklung auf dem Apfel als auch (nach Überimpfen auf die Petrischale) die Anzucht der für die PCR erforderlichen Mycelmasse nur wenig Zeit benötigten, waren im günstigen Fall für den gesamten Test von der Probenahme bis zur Identifikation nur ca. 2 Wochen erforderlich.

Das Verfahren wäre noch einfacher und kürzer, wenn die PCR direkt mit Material aus den Befallsstellen durchgeführt werden könnte. Dass dies prinzipiell möglich ist, konnten wir am Beispiel von fünf *Diplodia*-Isolaten zeigen, allerdings waren die Äpfel mit Reinkulturen beimpft worden. Wie oben beschrieben, deuteten unsere Ergebnisse darauf hin, dass nach Inokulation mit Rinde im Apfel häufig nur eine Art angereichert wird. Es steht zu erwarten, dass in diesen Fällen der direkte PCR-Nachweis möglich sein sollte.

Danksagung

Unser Dank gilt Herrn Dipl. Biol. Sebastian Hübner für seine Hilfe bei der molekularen Identifikation der Isolate sowie Frau Dr. Sabine Kind, JKI, Institut für Pflanzenschutz in Obst und Weinbau (Dossenheim) für die Durchsicht des Manuskripts und wertvolle Hinweise.

Erklärung zu Interessenskonflikten

Der Autor und die Autorinnen erklären, dass keine Interessenskonflikte vorliegen.

Literatur

Blaschke, M., A. Nannig, 2013: Pilze am Wildapfel. S. 51 – 54 in: Beiträge zum Wildapfel. LWF Wissen 73. Bayerische Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft. URL: https://www.lwf.bayern.de/service/publikationen/lwf_wissen/059180/index.php.

Cloete, M., P.H. Fourie, U. Damm, P.W. Crous, L. Mostert, 2011: Fungi associated with die-back symptoms of apple and pear trees, a possible inoculum source of grapevine trunk disease pathogens. *Phytopathologia Mediterranea* **50** (Supplement), 176-S190, DOI: 10.14601/Phytopathol_Mediterr-9004.

Díaz, G.A., B.A. Latorre, E. Ferrada, M. Lolas, 2019: Identification and characterization of *Diplodia mutila*, *D. seriata*, *Phacidiopycnis washingtonensis* and *Phacidium lacerum* obtained from apple (*Malus × domestica*) fruit rot in Maule Region, Chile. *European Journal of Plant Pathology* **153** (1), 211-225, DOI: 10.1007/s10658-018-01640-8.

Ficke, W., A. Senula, U. Kastirr, H.J. Schaefer, 1984: Infektionsversuche mit Rindenbranderregern. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* **20** (1), 53-66, DOI: 10.1080/03235408409437637.

Fuckel, L., 1870: *Symbolae Mycologicae*: Beiträge zur Kenntnis der Rheinischen Pilze. Jahrbücher des Nassauischen Vereins für Naturkunde, **23** (24), 1-459.

González-Domínguez, E., A. Alves, M. León, J. Armengol, 2017: Characterization of Botryosphaeriaceae species associated with diseased loquat (*Eriobotrya japonica*) in Spain. *Plant Pathology* **66** (1), 77-89, DOI: 10.1111/ppa.12556.

Hinrichs-Berger, J., 2020: Auf dem Sprung in Erwerbsanlagen: Der Schwarze Rindenbrand an Kernobst. *Obstbau* **5**, 286-287.

Hinrichs-Berger, J., K. Zegermacher, G. Zgraja, 2021: First report of *Diplodia bulgarica* causing black canker on apple (*Malus domestica*) and pear (*Pyrus communis*) in Germany. *New Disease Reports* **43** (1), DOI: 10.1002/ndr2.12004.

Lindner, L., 2008: Rindenkrankheiten im Apfelanbau. *Der Obstbau* **9**, 253-257.

Lopes, J.F.D.S.R.R., 2008: Resolving cryptic species complexes in *Diplodia*. Master Thesis, Universität Lissabon. URL: <https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/198>.

Morales, H., S. Marín, A.J. Ramos, V. Sanchis, 2010: Influence of post-harvest technologies applied during cold storage of apples in *Penicillium expansum* growth and patulin accumulation: A review. *Food Control* **21** (7), 953-962, DOI: 10.1016/j.foodcont.2009.12.016.

Nirenberg, H.I., 1976: Untersuchungen über die morphologische und biologische Differenzierung in der *Fusarium* Sektion *Liseola*. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft **169**, 58-70, DOI: <https://doi.org/10.5073/20210624-085725>.

Phillips, A.J., P.W. Crous, A. Alves, 2007: *Diplodia seriata*, the anamorph of “*Botryosphaeria*” *obtusa*. *Fungal Diversity* **25** (1892), 141-55.

Phillips, A.J.L., J. Lopes, J. Abdollahzadeh, S. Bobev, A. Alves, 2012: Resolving the *Diplodia* complex on apple and other Rosaceae hosts. *Persoonia* **29**, 29-38, DOI: 10.3767/003158512X658899.

Phillips, A.J.L., A. Alves, J. Abdollahzadeh, B. Slippers, M.J. Wingfield, J.Z. Groenewald, P.W. Crous, 2013: The Botryosphaeriaceae: genera and species known from culture. *Studies in Mycology* **76**, 51-167, DOI: 10.3114/sim0021.

Santos, L., A.J.L. Phillips, P.W. Crous, A. Alves, 2017: *Dia-portha* species on Rosaceae with descriptions of *D. pyracantha* sp. nov. and *D. malorum* sp. nov. *Mycosphere* **8** (5), 485-511, DOI: 10.5943/mycosphere/8/5/1.

- Senula, A., W. Ficke, 1983:** Ein Biotest zur Diagnose pilzlicher Rindenbranderreger des Kernobstes. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* **19** (5), 299-308.
- Senula, A., 1985:** Untersuchungen zur Morphologie und Physiologie von *Cryptosporiopsis malicorticis* (Cordl). Nannf. und *Phlyctaena vagabunda* Desm. *Archives of Phytopathology & Plant Protection* **21** (4), 273-286.
- Senula, A., W. Ficke, 1985:** Untersuchungen zur Pathogenese des *Gloeosporium*-Rindenbrandes. *Archives of Phytopathology & Plant Protection* **21** (3), 183-198.
- Sessa, L., E. Abreo, L. Bettucci, S. Lupo, 2016:** Botryosphaeriaceae species associated with wood diseases of stone and pome fruits trees: symptoms and virulence across different hosts in Uruguay. *European Journal of Plant Pathology* **146** (3), 519-530, DOI: 10.1007/s10658-016-0936-4.
- Sessa, L., E. Abreo, L. Bettucci, S. Lupo, 2017:** Diversity and virulence of *Diaporthe* species associated with wood disease symptoms in deciduous fruit trees in Uruguay. *Phytopathologia Mediterranea* **56** (3), 431-444, DOI: 10.14601/Phytopathol_Mediterr-20678.
- Trapman, M., P. Maxin, R.W.S. Weber, 2008:** *Diplodia seriata*, cause of black fruit rot in organically grown apples in Holland, Belgium and Northern Germany. In: Boos, Markus (Hrsg.) *Ecofruit – 13th International Conference on Cultivation Technique and Phytopathological Problems in Organic Fruit-Growing: Proceedings to the Conference from 18th February to 20th February 2008 at Weinsberg/Germany*, 177-181. URL: <https://orgprints.org/id/eprint/13668/>.
- van der Walt, L., R.A. Spotts, C.M. Visagie, K. Jacobs, F.J. Smit, A. McLeod: 2010:** *Penicillium* species associated with preharvest wet core rot in South Africa and their pathogenicity on apple. *Plant Disease* **94** (6), 666-675, DOI: 10.1094/PDIS-94-6-0666.
- Vučković, N., I. Vico, B. Duduk, N. Duduk, 2021:** Diversity of Botryosphaeriaceae and *Diaporthe* species associated with postharvest apple fruit decay in Serbia. *Phytopathology*, ePub, 2021, DOI: 10.1094/PHYTO-07-21-0304-R.
- Weber, R.W.S., N. Dralle, 2013:** Fungi associated with blossom-end rot of apples in Germany. *European Journal of Horticultural Science* **78** (3), 97-105.
- Weiler, R., W. Kennel, 1986:** Zur Pilzflora auf der Schnittholzstreu einer Apfelanlage. *Journal of Plant Diseases and Protection* **93** (1), 51-61.
- Wiseman, M.S., F.M. Dugan, Y.K. Kim, C.L. Xiao, 2015:** A postharvest fruit rot of apple caused by *Lambertella cornimaris* in Washington State. *Plant Disease* **99** (2), 201-206, DOI: 10.1094/PDIS-03-14-0327-RE.
- Zugschwerdt, J., J. Brenner, K. Zegermacher, J. Hinrichs-Berger, 2021:** Brandgefährlich: Schwarzer Rindenbrand an Kernobst. 62. Deutsche Pflanzenschutztagung – 21. bis 23. September 2021. *Julius-Kühn-Archiv*, **467**, 255-256, DOI: 10.5073/20210721-093221.

Christoph Hoffmann¹, Etienne Herrbach², René Fuchs³, Daniela Kamecke⁴, Patrick Winterhagen⁴, Maria Schulze-Sylvester⁵, Christine Trippel⁶, Andreas Kortekamp⁴

Bericht vom Fachgespräch zur Rolle von Schild- und Schmierläusen als Virusvektoren im Weinbau am Oberrhein – Management und Beratungsempfehlung

Affiliation

¹Julius Kühn-Institut (JKI) – Institut für Pflanzenschutz in Obst- und Weinbau, Siebeldingen.

²UMR INRAE – Unité Santé de la Vigne et Qualité du Vin (SVQV), France.

³Staatliches Weinbauinstitut Freiburg, Freiburg im Breisgau.

⁴Dienstleistungszentrum ländlicher Raum, Institut für Phytomedizin, Neustadt.

⁵Hochschule Geisenheim University, Institut für Phytomedizin, Geisenheim.

⁶Julius Kühn-Institut (JKI) – Institut für Pflanzenschutz in Obst- und Weinbau, Dossenheim.

Kontaktanschrift

Dr. Christoph Hoffmann, Julius Kühn-Institut (JKI) – Institut für Pflanzenschutz in Obst- und Weinbau, Geilweilerhof, D-76833 Siebeldingen,

E-Mail: christoph.hoffmann@julius-kuehn.de

Zusammenfassung

Am 07.04.2022 fand am Institut für Pflanzenschutz in Obst- und Weinbau in Siebeldingen ein Fachgespräch zur Rolle von Schild- und Schmierläusen als Virusvektoren im Weinbau am Oberrhein statt, in dem in Situationsbericht der Weinbaugebiete am Oberrhein sowie Management- und Beratungsempfehlungen erarbeitet werden sollten. Hierzu wird hier berichtet.

Stichwörter

Schildläuse, Virusvektoren, Blattrollkrankheit, Nebenwirkung, Pflanzenschutz, Nichtzielorganismen

Abstract

On April 7, 2022, an expert meeting on the role of scale and mealybugs as virus vectors in viticulture in Siebeldingen in the Upper Rhine region was held at the Institute for Plant Protection in Fruit Crops and Viticulture. The aim of the meeting was to develop a situation report for the viticulture areas in the Upper Rhine region as well as management and advisory recommendations. We report on this here.

Keywords

Scale-insects, Virusvectors, Leafroll-disease, side effect, Plant-Protection, Non Target Organisms

Einleitung

Das Institut für Pflanzenschutz in Obst- und Weinbau des Julius Kühn-Instituts veranstaltete am 07. April 2022 ein Fachgespräch im Corona-konformen kleinen Expertenkreis zum Thema Schild- und Schmierläuse als Virusvektoren im Weinbau am Oberrhein. Vertreten waren Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus Colmar in Frankreich, aus Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und Hessen.

In seiner Begrüßung hob der Institutsleiter Prof. Dr. Wilhelm Jelkmann hervor, dass es in den letzten Jahren zu einer starken Ausbreitung von Blattrollvirenbefall vor allem in den nördlicher gelegenen Weinbaugebieten Nahe, Rheinhessen und Württemberg aber auch andernorts kam. Das Fachgespräch sollte hierzu eine Bestandsübersicht liefern. Während sich die wirtschaftlichen Schäden für Winzerinnen und Winzer meistens in Grenzen halten, stellt die Ausbreitung vor allem ein Problem für die Produktion virusfreien, zertifizierten Pflanzgutes dar. Hauptvektor der Blattrollkrankheit ist vermutlich die Ahornschmierlaus *Phenacoccus aceris*. Diese polyphage Art besitzt eine lange Liste an Gehölz-Wirtspflanzen, auf denen sie regelmäßig vorkommt, jedoch nicht durch Massenvermehrungen in Erscheinung tritt.

Dr. Andreas Kortekamp vom Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinpfalz, der die Anregung zu dieser Veranstaltung gab, erläuterte als Hauptmotivation der Veranstaltung die zunehmende Schwierigkeit, wissenschaftliche Erkenntnisse in einer ohnehin schon stark reglementierten Weinbaupraxis beratungstechnisch umzusetzen. Die Pflanzenschutzdienste der Länder stünden hier vor einem Beratungsdilemma, vor dem Hintergrund des notwendigen Resistenzmanagements bei der Bekämpfung von Schädlingen Pilzkrankheiten, sinkender Wirkstoffvielfalt und der zunehmenden Zahl immer weiterer Aspekte, die bei der Beratung bzw. Zulassung Berücksichtigung finden sollen.

Für das Fachgespräch ergaben sich daraus eine Reihe von Fragen:

Warum vermehrt sich dieser polyphage Vektor nicht in Wäldern und Parks, jedoch in Reb- und Obstanlagen? Besteht ein Zusammenhang mit Pflanzenschutzmaßnahmen? Waren bisherige Ansätze zur Bekämpfung des Vektors hilfreich? Wie sollte das Problem in Zukunft betrachtet und angegangen werden? Ist die reine Bekämpfung der Vektoren eine zielführende Strategie oder sind umfassendere integrierte Ansätze nötig um langfristig die Produktion virusfreien Pflanzgutes in Deutschland zu ermöglichen?

Ziel des Fachgespräches war es, die Teilnehmerinnen und Teilnehmer auf einen gemeinsamen Wissensstand zu bringen

und zu den aufgeworfenen Fragen einen Konsens insbesondere hinsichtlich von Beratungsempfehlungen zu finden.

Situationsberichte

Forschungsaktivitäten und Situationsbericht aus dem Elsass

Dr. Etienne Herrbach (Colmar)

In diesem Vortrag wurden Arbeiten über die Blattrollkrankheit und ihre Vektoren im Elsass sowie die aktuellen Kenntnisse über das Vorkommen beider in diesem französischen Weinanbaugebiet vorgestellt. Das Pathosystem "Blattrollkrankheit" wird von Virologen und Entomologen des INRAE-Zentrums (Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement) in Colmar untersucht, in enger Zusammenarbeit mit den Weinbauberatern des IFV (Institut français de la vigne et du vin) und des CIVA (Comité interprofessionnel des vins d'Alsace) sowie mit den Winzervereinigungen, aber auch mit Kollegen aus Siebeldingen und Freiburg. Die Studien befassen sich mit der Virus-Vektor-Interaktion sowie der Ausbreitung von Schildläusen und Viren im Weinberg.

Unter anderem wurde im Rahmen des Interreg-Projekts Invaprotect Häufigkeit und Verbreitung von Viren und Schildläusen untersucht. Die Blattrollkrankheit, die hier überwiegend auf das *Grapevine leafroll associated virus 1* (GLRaV-1) zurückzuführen ist, wurde im gesamten elsässischen Weinbaugebiet festgestellt. Was die beobachteten Vektor-Arten anbelangt, so sind die Zwetschgenschildlaus *Parthenolecanium corni* und die Böhmischeschmierlaus *Heliococcus bohemicus* weit verbreitet, wenn auch in unterschiedlicher Weise je nach Jahr und Weinbergslage. Die Wollige Napfschildlaus *Pulvinaria vitis* ist eher seltener und die Ahornschmierlaus *Phenacoccus aceris* ist vor allem nördlich von Molsheim zu finden.

Derzeit wird in den ostfranzösischen Weinbaugebieten Elsass, Champagne und Burgund an gemeinschaftlichen, eigentümergeübergreifenden Strategien zum Schutz der Weinreben innerhalb ganzer Weinbergslagen (Projekt LutEnVi) gearbeitet. Die Winzer eines geschlossenen Weinbergsareals werden dabei zusammengebracht, um zu lernen, die Symptome der Blattrollkrankheit und die Arten der Schildläuse zu erkennen, und dann mit Hilfe von Forschern und Beratern ein abgestimmtes Management der Krankheit zu entwickeln. Dieses Projekt stützt sich vor allem auf Schildlaus- und Symptombonituren, letztere erfolgen auch mithilfe von Drohnenbildern. Darüber hinaus umfasst dieses Projekt auch eine sozioökonomische Studie. Dies alles vor dem Hintergrund, dass in Frankreich nur noch zwei Produkte (Pyriproxyfen, Paraffinöl) zur Bekämpfung der Weinbergschildläuse zugelassen sind.

Tätigkeits- und Situationsbericht aus Baden-Württemberg

Dr. René Fuchs (Freiburg)

Das Staatliche Weinbauinstitut Freiburg führt seit Jahren die amtliche Virustestung für die Weinbaugebiete Baden und

Württemberg durch. Wie eine kürzlich veröffentlichte Studie zu den Ergebnissen der Virustestung der letzten 12 Jahre gezeigt hat, ist das *Grapevine leafroll associated virus 1*, GLRaV- 1 mit 2,1 % positiv getesteter Mischproben das am häufigsten nachgewiesene Virus in Vermehrungsanlagen von Edelreibern, gefolgt vom Fanleaf Virus (*Grapevine fanleaf virus*, GFLV) mit 1,2 %, dem Arabis Mosaik Virus (*Arabis mosaic virus*, ArMV) mit 0,4 % und dem Blattroll Virus 3 (GLRaV- 3) mit weniger als 0,1 % (Meßmer et al., 2021). Wie die Studie ebenfalls gezeigt hat, bestehen zwischen den verschiedenen Pflanzgutkategorien teilweise deutliche Unterschiede in der Häufigkeit des Nachweises von GLRaV-1. Während in der Kategorie Vorstufe und Basis das Blattroll Virus 1 in nur 1,2 % bzw. 1,4 % der Mischproben nachgewiesen wurde, waren in Zertifiziertem Pflanzgut durchschnittlich 8 % der Proben positiv. Nach der Rebenpflanzgutverordnung müssen in Vermehrungsflächen der Kategorie Vorstufe und Basis alle Pflanzen im Abstand von 5 bzw. 6 Jahre getestet werden, wohingegen bei Zertifiziertem Pflanzgut lediglich jeder 20. Rebstock alle 10 Jahre untersucht werden muss. Aufgrund dieser Unterschiede kann ein Neubefall einer Vermehrungsfläche länger unentdeckt bleiben, was dem Virus mehr Zeit gibt sich auszubreiten und so zu höheren Befallszahlen führt. Auch wenn die Studie keine direkte Zunahme der Ausbreitung des GLRaV-1 zeigen konnte, sprechen die jährlich fluktuierenden Befallszahlen eher für eine Ausbreitung des Virus, da ansonsten die Werte über die Jahre tendenziell kleiner hätten werden müssen (siehe Abb. 1). Wie schnell sich das GLRaV-1 in einer Rebfläche ausbreiten kann, hat ein Versuch in einer Junganlage in Baden gezeigt. Im ersten Standjahr konnte noch kein Befall festgestellt werden, allerdings waren im zweiten Standjahr schon 10 % der etwa 1100 getesteten Reben positiv (Bohnert et al., unpub.). Als Vektor für die Ausbreitung in der Rebfläche kommt vor allem die dort auftretende Zwetschgenschildlaus *Parthenolecanium corni* in Frage.

Tätigkeits- und Situationsbericht aus Rheinland-Pfalz

Dr. Daniela Kamecke, Dr. Patrick Winterhagen (Neustadt)

Das DLR Rheinland-Pfalz führt seit Jahren die amtliche Virustestung für die Weinbaugebiete in Rheinland-Pfalz durch, beobachtet die Ausbreitung von Schild- und Schmierläusen (insbesondere Ahornschmierlaus) in den verschiedenen Weinbauregionen und führt Bekämpfungsversuche durch. Im Jahr 2018 wurde ein erster Tastversuch zur Ermittlung eines geeigneten Pflanzenschutzmittels durchgeführt, das Schmierläuse effektiv kontrollieren kann. Genutzt wurde eine Grauburgunderanlage, die nachweislich sowohl einen starken Befall durch die Ahornschmierlaus (*Phenacoccus aceris*) wie auch durch Blattrollviren aufweist.

Im ersten vorgestellten Tastversuch wurden acht verschiedene Varianten mit ein bis drei Behandlungsterminen (02.05.2018, 21.06.2018, 04.07.2018) in dreifacher Wiederholung angesetzt. Die erfolgversprechendsten Ergebnisse erzielte die Variante BreakThru (Mai) und später Mospilan (Juni). Aber auch Teppeki + BreakThru (2-malig, Juni + Juli) und Sivanto (3-malig) zeigten eine gute Wirkung.

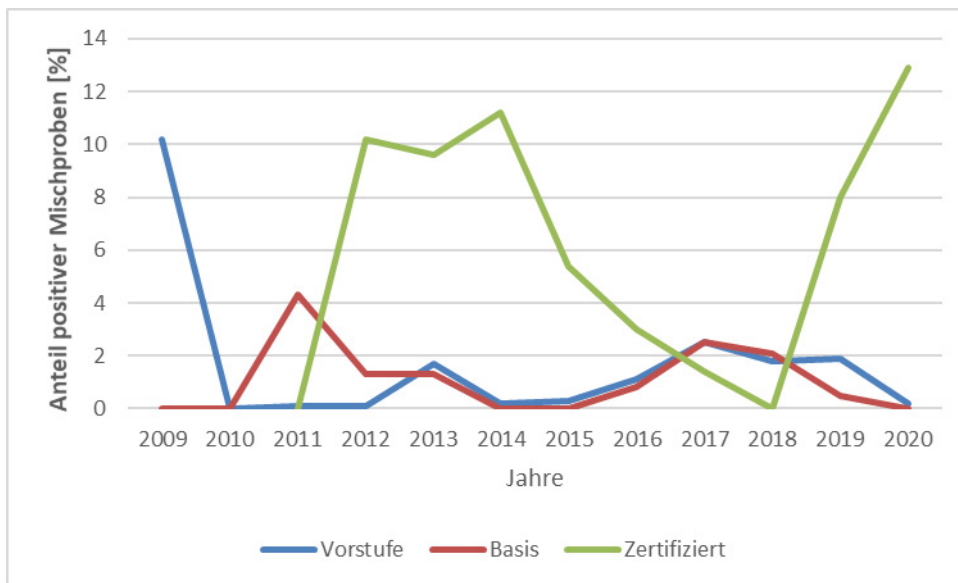


Abb. 1. Prozentualer Anteil GLRaV-1 positiver Mischproben in den drei Pflanzgutkategorien über einem Zeitraum von 12 Jahren.

Aufgrund der herdartigen Verteilung der Schmierläuse in der Anlage konnten auch durch die dreifachen Wiederholungen nur bedingt aussagefähige Ergebnisse erzielt werden. Daher fand 2020 ein erneuter Bekämpfungsversuch in derselben Anlage statt. Dieses Mal wurde eine Vorbonitur durchgeführt, bei der die Anzahl der Eisäcke pro Rebstock in der gesamten Anlage aufgenommen wurde, um im Anschluss vergleichbar befallene kleinparzellige Bereiche auswählen und behandeln zu können. Das im Tastversuch 2018 erfolgreiche Mospilan SG wurde erneut getestet, hinzu kamen das Mittel Minecto One sowie eine unbehandelte Kontrolle. Für jede der drei Varianten wurden drei verschiedene Befallsstärken (geringer, mittlerer bis starker Befall) ausgesucht. Das Mittel Mospilan SG schnitt erneut mit einer sehr guten Wirkung gegen die Ahornschmierlaus ab, das Minecto One schien hingegen keinen Effekt auf die Insekten zu haben.

Die im Rahmen einer Bachelorarbeit erhobenen Verteilungen der Schmierläuse auch innerhalb der Laubwand zeigten zudem, dass die Hälfte der Eisäcke auf dem Rebbogen nahe des Stammkopfes ausgebildet wurde, nur ein Viertel auf dem Stammkopf selbst. Die später schlüpfenden Larven zeigen die gleiche Tendenz. Eine langanhaltende Zentrierung der Schmierlauslarven auf den Blättern am Stammkopfbereich war stets ersichtlich. Erst im Laufe des Julis wanderten die Larven bevorzugt entlang des Rebbogens, weniger in die oberen Bereiche der Laubwand ab. In diesem Zeitraum kam es auch zu einer Zunahme an Larven bei vorab befallsfrei bonitierten Rebstöcken.

Verbreitung und Epidemiologie der Blattrollkrankheit in deutschen Weinbaugebieten

Dr. Christoph Hoffmann (Siebeldingen)

Im Rahmen von Untersuchungen zur Verbreitung der Blattrollkrankheit und ihres Vektors *Phenacoccus aceris* in den Weinbaugebieten Rheinhessen, Nahe, Württemberg, Pfalz und Baden wurden in zufällig ausgewählten Weinbergen insgesamt 1710 Holzproben aus 171 Weinbergen mittels PCR auf Befall durch Blattrollviren getestet. In ca. 40 % der Weinber-

ge und ca. 13 % der einzelnen Holzproben wurde Virusbefall nachgewiesen. Befallsschwerpunkte bildeten Rheinhessen, Nahe und Württemberg. Hier konnte auch die Vektorspezies *Phenacoccus aceris* regelmäßig gefunden werden, die in den restlichen Gebieten nicht nennenswert nachgewiesen wurde.

Drei Anlagen an der Nahe, in Rheinhessen und an der Mosel wurden hinsichtlich der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Krankheit über drei Jahre untersucht, indem jeder Stock mittels PCR auf Virusbefall getestet wurde. Innerhalb von drei Jahren vermehrte sich die Zahl der erkrankten Stöcke in einer Anlage um den Faktor 2,4 (Württemberg), 3,5 (Mosel) und 11 (Nahe) (Steinmetz et al., unpubl.).

In einer Anlage an der Nahe, in der ein Jahr nach der Pflanzung im Jahr 2013 nach PCR-Testung 0,13 % der Stöcke als befallen eingestuft wurden, lag die Rate der erkrankten Stöcke 2021 (acht Jahre später) bereits bei 64 %. Nur ein Teil der nachweislich infizierten Stöcke zeigte Symptome.

Aktuelle Forschungsansätze

Interaktion Ameisen Schmierläuse und Parasitoiden – Einflüsse des Klimawandels

Dr. Maria Schulze-Sylvester (Geisenheim)

Die Interaktion zwischen Ameisen, Schmierläusen und Parasitoiden bringt Vorteile für die Schmierläuse und Nachteile für ihre Parasitoiden. Ameisen beschützen Schmierläuse vor Parasitoiden im Tausch gegen Honigtau. Durch diesen Mutualismus wächst und gedeiht die Schmierlauspopulation, das ist auch im Weinbau mehrfach belegt. Unklar ist, welche Rolle Ameisen als Fraßfeinde von Weinbergschädlingen spielen, die keinen Honigtau produzieren. Aus dem Zitrusanbau weiß man jedoch, dass Ameisen wichtige natürliche Feinde von Fruchtfliegen und Schadmotten sind (Anjos et al., 2021), deshalb ist es ratsam Ameisen nicht nur als „Problem“ mit Blick auf den Ameise-Schmierlaus Mutualismus zu sehen, sondern auch ihre möglichen Serviceleistungen im Ökosystem Wein-

berg zu berücksichtigen. Auch die Rolle von Ameisen bei der Verbreitung von Schmierläusen im Weinberg ist bisher nicht systematisch untersucht, obwohl das Verbringen von Schmierläusen durch Ameisen mehrfach in der Fachliteratur erwähnt wird.

Der Klimawandel wird voraussichtlich die Ausbreitung von gebietsfremden Ameisen und Schmierläusen fördern und die Anzahl von Generationen, die Insekten pro Jahr durchlaufen, erhöhen. Dabei ist die Entwicklung von Parasitoiden und Schmierläusen nicht zwangsläufig synchron, so dass Schmierläuse und ihren natürlichen Feinden zeitlich verschieben auftreten können. Gewächshausversuche mit erhöhter CO₂-Konzentration zeigten eine erhöhte Überlebensrate von Schmierläusen (*Planococcus ficus*) und Tendenzen zu höheren Eizahlen und leicht verringerter Körpergröße (Schulze-Sylvester & Reineke, 2019). Bei anschließend untersuchten Schlupfwespen (*Leptopastix dactylopii*) fand die gleiche Studie keine Unterschiede zwischen normalen und erhöhten CO₂-Konzentrationen. In Freilandversuchen mit einer nur geringfügig erhöhten CO₂-Konzentration konnten die Ergebnisse aus den Gewächshausversuche nicht validiert werden. Es fehlt an Wissen, wie sich die Interaktion zwischen Ameisen, Schmierläusen, Parasitoiden/Prädatoren und nicht-honigtauproduzierenden Herbivoren im Weinbau generell gestaltet und welche Auswirkungen der Klimawandel darauf hat. Studien, die Effekte des Klimawandels in den Fokus nehmen, sollten möglichst mehrere Klimawandelfaktoren kombinieren, indem sie beispielsweise Niederschlag, Temperatur und CO₂ gleichzeitig manipulieren.

Die Erforschung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Übertragung von Viruskrankheiten zeigt, dass es durchaus Effekte gibt, die aber oft spezifisch für das betreffende Pflanze-Virus-Vektor System und damit schlecht übertragbar sind. Im Weinbau gibt es dazu bisher noch keinerlei Studien zu dieser Thematik. Seit Oktober 2021 widmet sich ein neues Projekt der Hochschule Geisenheim der Frage, wie der Klimawandel die Blattrollkrankheit und ihre Übertragung durch Schmierläuse beeinflusst.

Neue Ansätze für ein synchrones Monitoring von Vektoren und Krankheitserregern mit Hilfe von HTS

Dr. Christine Trippel (Dossenheim)

Aktuelle Monitoringmethoden von Krankheiten in Obst- und Weinbau basieren primär auf visueller Symptomüberwachung an den Wirtspflanzen sowie morphologischer Artbestimmung der Vektorinsekten. Die durch Globalisierung, Tourismus und insbesondere den Klimawandel erhöhte Gefahr der Ausbreitung oder Einschleppung von Quarantäneschädlerregern und geregelten nicht-Quarantäneschädlingen macht es erforderlich, ein neues sensitives und effektives Monitoringverfahren für Pathogen und deren Vektoren zu entwickeln. Im Fokus des Projekts stehen insgesamt sechs Krankheiten an Kirsche, Apfel und Wein, die von Bakterien, Phytoplasmen oder Viren ausgelöst und von Zikaden, Schildläusen, Schmierläusen oder Psylliden übertragen werden, darunter auch die Blattrollkrankheit. Ziel des Pro-

jekts ist es, Pathogene und deren Vektorinsekten in einem Schritt ausgehend von einem Insekten-Massenfang mittels Hochdurchsatzsequenzierung zu identifizieren. Zunächst wurde zur Etablierung der Methode eine artifiziell zusammengestellte Zikadenprobe bestehend aus acht Zikadenarten verwendet. Um nicht nur Bakterien und Phytoplasmen, sondern auch Viren nachweisen zu können, wurde RNA extrahiert, die ribosomale RNA der Insekten wurde entfernt und die Probe mit Extrakten nachweislich infizierter Zikaden gespiked, um sicherzustellen, dass Pathogen-RNA in der Probe vorhanden war. Die RNA wurde anschließend mittels Illumina 150 bp paired-end Sequencing sequenziert und die Datenanalyse zeigte, dass fünf der insgesamt neun Zikadenarten (eine Art kam durch das Spiken hinzu) und zwei der drei Pathogene mit einer Übereinstimmung von mehr als 98 % identifiziert werden konnten. Die anderen Arten wurden ebenfalls gefunden, jedoch mit einem geringeren Prozentsatz an Übereinstimmung. Die ersten Ergebnisse des Projekts zeigen, dass es grundsätzlich möglich ist, Pathogene und deren Vektoren in einem Schritt zu identifizieren. Um die im Projekt erzeugten Daten zugänglich zu machen, wird eine online Plattform erstellt, welche langfristig dazu dienen könnte, Ausbreitungswege und -faktoren zu verstehen oder neue Vektoren zu identifizieren.

Labortests zur Wirksamkeitsprüfung von Pflanzenschutzmitteln gegen Schmierläuse und gegen deren Antagonisten mit den Modellorganismen *Pseudococcus viburni* und *Leptomastix epona*.

Dr. Christoph Hoffmann (Siebeldingen)

Die Ahornschmierlaus wird auch unter Bedingungen einer Laborzucht so gut durch ihre natürlichen Feinde (v. a. *Anagyrus schoenherri* → Hymenoptera → Encyrtidae) reguliert, dass mehrjährige Zuchtversuche dieses Vektors erfolglos verliefen. Deshalb wurde bei der Untersuchung der Wirkung von Pflanzenschutzmitteln auf Schmierläuse und ihre Parasitoiden mit den nah verwandten Arten *Pseudococcus viburni* (Coccinea → Pseudococcidae) und *Anagyrus pseudococci* (Hymenoptera → Encyrtidae) gearbeitet, die gut zu züchten sind. In einem Laborbiotest nach Peschiutta et al. (2017) wurden für beide Arten Überlebenswahrscheinlichkeiten nach Behandlung mit im Weinbau zugelassenen Pflanzenschutzmitteln in praxisüblicher Aufwandmenge im Vergleich zu einer unbehandelten Kontrolle ermittelt. Den daraus berechneten Wirkungsgraden wurden Schädigungsklassen der IOBC (IOBC-WPRS, 2022) zugeordnet. Diese Schädigungsklassen sind in Tab. 1 dargestellt. Die als kritisch betrachteten rot markierten Produkte zeichnen sich dadurch aus, dass sie im Labortest die natürlichen Feinde der Schmierläuse erheblich mehr schädigen als die Zielorganismen selbst. Bei Grün markierten Produkten liegt entweder keine Schädigung beider Testorganismen vor oder die Wirksamkeit gegenüber der Schmierlaus ist genauso groß wie gegenüber dem Parasitoid.

In einem weiteren Schritt wurde untersucht, ob Tankmischungen, wie sie in der Praxis üblich sind, stärker toxisch für *A. pseudococci* sind als die Einzelprodukte (Müller, 2019). Bei den Ökotankmischungen verstärkte sich der Wirkungsgrad bei den Parasitoiden um eine Toxizitätsklasse von 3 auf 4, wenn Kupfer

und Schwefel in Tankmischung ausgebracht wurden, während bei derselben Tankmischung gegen die Schmierläuse keine Wirkung vorlag. Bei den untersuchten konventionellen Tankmischungen kam es nicht zu solchen additiven Effekten.

Die Ergebnisse liefern Hinweise, wie es in der Vergangenheit möglicherweise zu der Massenvermehrung einer polyphagen Vektorspezies kommen konnte, die -extrem polyphag- auf Nichtkulturland einer ausgezeichneten natürlichen Regulation unterliegt und dort selten sichtbar in Erscheinung tritt.

Tab. 1. Wirkungs- bzw. Toxizitätsklassen gemäß der Internationalen Organisation für Biologische und integrierte Schädlingsbekämpfung (IOBC) von gängigen Weinbau-Pflanzenschutzmitteln in alphabetischer Reihenfolge. Rot: Produkte, die im Labortest schädlicher gegen Parasitoide der Schmierläuse als gegen Schmierläuse selbst wirken. Grün: Bei den Produkten liegt entweder keine Schädigung beider Testorganismen vor oder die Wirksamkeit gegenüber der Schmierlaus ist genauso groß wie gegenüber dem Parasitoid. Orange: Ungleichgewicht wie bei Rot jedoch bei deutlich geringeren Schädigungsgraden.

Plant protection product	IOBC – class of toxicity, contact*	
	<i>A. pseudococci</i>	<i>P. viburni</i>
Aktuan (P)	1	1
Collis (O)	3	2
Confidor (I)	4	1
Coragen (I)	2	1
Dithane Neo Tec (P)	2	2
Electis (P)	2	2
Fantic F (P)	2	2
Forum Gold (P)	3	1
Funguran progress (P)	3	1
Karate Zeon (I)	2	2
Kiron (I)	3	2
Luna experience (O)	3	1
Melody Combi (P)	2	1
Mimic (I)	3	1
Netzschwefel	3	1
Para Sommer (I)	1	2
Piretro Verde (I)	2	2
Polyram (P)	2	2
Profler (P)	2	1
Ridomil Gold Kombi (P)	1	1
Spintor (I)	3	1
Steward (I)	4	1
Talendo (O)	2	2
Vento Power (O)	1	1
Vivando (O)	2	2

*Classes IOBC-WPRS efficiency ratio €
 1 = harmless (E < 30 %)
 2 = slightly harmful (E 30 – 79 %)
 3 = moderately harmful (E 80 – 99 %)
 4 = harmful (E > 99 %)

Nach Steinmetz et al. (in prep.). Der Zulassungsstand hat sich inzwischen geändert. Der Einsatz von Confidor ist inzwischen verboten, ebenso können Electis und Vento power nicht mehr eingesetzt werden und für Steward endet die Ablauffrist am 19. September 2022.

Diskussion

Übersicht über das Ausmaß des Problems

In der von Dr. Michael Maixner moderierten Diskussion wurde klar, dass die Blattrollkrankheit der Rebe überall in deutschen- und in den nördlichen Weinbaugebieten Frankreichs verbreitet ist. Es gibt jedoch besondere regionale Schwerpunkte wie die Nahe, Rheinhessen und Württemberg. Württemberg stellt dabei einen Sonderfall dar, weil dort die meistens mit GL-RaV1 belastete Rebsorte Lemberger hier verstärkt angebaut wird, eine Sorte, von der es erst seit einiger Zeit virusfreies Pflanzgut auf dem Markt gibt. In der Wahrnehmung einiger Anwesender liegt innerhalb Deutschlands eine Ausbreitung der Blattrollkrankheit von Nord nach Süd vor. Aufgrund fehlender zeitlicher Wiederholungen der Erhebungen lässt sich diese Wahrnehmung einer Ausbreitung jedoch wissenschaftlich nicht absichern. Feststellbar ist dagegen das regelmäßige Vorkommen von *P. aceris* in diesen Befallsschwerpunkten. Ein Zusammenhang mit dem zuletzt verstärkten Auftreten der Ahornschmierlaus *P. aceris* als wichtigster Vektor wird deshalb angenommen.

Im benachbarten Frankreich sind besonders die Regionen Champagne, Elsass und Burgund betroffen. Im Süden Frankreichs, wo andere Vektorspezies vorliegen, wird das Problem derzeit als nicht so groß wahrgenommen. Offenbar wird beim Anbau weißer Rebsorten das Problem der Blattrollkrankheit länger übersehen, da hier die Symptome nicht so augenfällig sind. Aus anderen benachbarten Ländern lagen keine weiteren Erkenntnisse vor.

Während aus Rheinhessen von einzelnen Fällen wirtschaftlicher Schäden bei der weinbaulichen Produktion berichtet wurde, konnte gebiets- und sortenübergreifend jedoch keine generelle Korrelation zwischen Schadsymptomatik und Erntequalität festgestellt werden. Während Sorten wie Merlot und Cabernet Sauvignon als anfällig gelten, wird die Sorte Lemberger in der Praxis großflächig mit 100 % Blattrollbefall kultiviert, ohne dass Nachteile für die Produktion bekannt sind. Die meisten Anlagen liefern trotz Befall mit der Blattrollkrankheit unter unseren derzeitigen klimatischen Bedingungen für Winzer akzeptable Weinerträge und -qualitäten.

Man war sich einig, dass die Ausbreitung der Blattrollkrankheit als regulierter Nicht-Quarantäne-Schadorganismus (RNQP) vor allem für die Produktion von gesundem Rebenpflanzgut ein erhebliches Problem darstellt. In Vorstufen- und Basisvermehrungsanlagen gilt eine Nulltoleranz; in zertifizierten Vermehrungsanlagen liegt die maximale Befallsrate symptomtragender Reben bei 5 %. Darüberhinausgehende Befallsraten werden in Vermehrungsanlagen von den Anerkennungsbehörden nicht mehr für den Zweck der Rebenpflanzguterzeugung anerkannt. Dies bedeutet einen Verlust der Anerkennung und somit einen hohen wirtschaftlichen Schaden und gefährdet darüber hinaus die Pflanzgutversorgung bei speziellen Sorten bzw. Klonen.

Ursachen und Management von Schmierlausgradationen

Die Anwesenden waren sich weitgehend darüber einig, dass mehr Wissen bezüglich der Nebenwirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf natürliche Antagonisten der virusübertragenden Schild- bzw. Schmierläuse im Weinbau generiert werden sollte, das auch anschließend in die Beratung einfließen soll. Bei der PSM-Genehmigung im Rahmen der Lückenindikation sollte eine eventuelle Wirkung auf Parasitoide der Schild- und Schmierläuse dahingehend berücksichtigt werden, als dass eine Abwägung hinsichtlich eines zeitlich und lokal begrenzten Einsatzes erfolgen sollte (z. B. Einsatz vorrangig in Vermehrungsflächen; siehe hierzu auch nächstes Kapitel „Bekämpfungskonzepte“). Andererseits herrschte Übereinstimmung darüber, dass vor dem Hintergrund eines unabdingbaren Resistenzenmanagements eine weitere Einschränkung der verfügbaren Mittelpalette im Weinberg unbedingt vermieden werden sollte.

Bei den bisherigen Prüfungen zur Zusatz- bzw. Nebenwirkung von Pflanzenschutzmitteln auf Schmierläuse und ihre Antagonisten wurde mit fertig formulierten Produkten gearbeitet. Aus der Sicht der Beratung wäre es jedoch wünschenswert, zu wissen, ob die festgestellten Wirkungen ihre Ursache im Wirkstoff und/oder in Formulierungs-Hilfsstoffen haben. Basierend auf diesen Erkenntnissen können gegebenenfalls entsprechende Anforderungen formuliert und an die PSM-Hersteller gerichtet werden.

Weiterhin sollten Methoden entwickelt werden, mit denen die im Labor festgestellten Effekte hinsichtlich ihrer Übertragbarkeit ins Freiland geprüft werden. Zielführend sind dabei besonders mehrjährige Studien, bei denen Worst-Case-Szenarien bezüglich der Nebenwirkungen mit schonenden Spritzfolgen verglichen werden, um dabei festzustellen, ob die im Modell festgestellten Effekte im Freiland in derselben Intensität vorliegen. Um die festgestellten Kenntnislücken zu schließen, wurde angeregt, ein gemeinsames Forschungsprojekt zu diesem Thema zu beantragen.

Bekämpfungskonzepte

Die Ergebnisse zu den Wirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Ziel- und Nichtzielorganismen deuten darauf hin, dass bei der Erweiterung der Zulassung des inzwischen nicht mehr zugelassenen Produkts Confidor Analogieschlüsse gezogen wurden, die sich im Nachhinein als falsch erwiesen haben, denn die Schmierlaus *P. aceris* ließ sich weder im Labor noch im Feld mit diesem Mittel ausreichend bekämpfen. Der Wirkungsgrad dieses Mittels gegenüber natürlichen Feinden von Schmierläusen war im Labor jedoch sehr hoch und lag bei (annähernd?) 100 %. Das lässt die begründete Vermutung zu, dass aufgrund des kontraproduktiven Effekts ein Teil der Massenvermehrung von *P. aceris* in den Befallsgebieten durch den Einsatz dieses Insektizides erklärt werden könnte. Künftige Managementansätze sollten daher nicht nur ausschließlich auf die Bekämpfung der Schmierläuse durch Insektizide ausgerichtet sein, sondern auch die Auswirkungen aus Antagonisten einbeziehen. Um unerwünschte Nebenwirkungen von Insektiziden auf Parasitoide möglichst zu vermeiden, sollten

in weiteren Fachgesprächen Kriterien erarbeitet werden, wo und wann der Einsatz von Insektiziden zur Vektorbekämpfung als Baustein eines Bekämpfungsmanagements zu empfehlen ist. In Bezug auf die Bekämpfungswürdigkeit sind jedoch für Vermehrungsflächen andere Kriterien anzulegen als für reine Ertragsanlagen.

Für eine regelmäßige Bekämpfung der Vektoren in Mutterrebenbeständen sind geeignete Mittel eine Voraussetzung. Zum vor kurzem über die Lückenindikation zugelassenen Insektizid Movento lagen den Anwesenden noch keine ausreichenden Erfahrungen und Daten zur biologischen Wirksamkeit gegenüber *P. aceris* oder anderen Schmierläusen vor. Fraglich war auch, ob es für dieses Mittel aufgrund der in wenigen Jahren endenden Zulassung eine langfristige Zulassungsperspektive gibt. Hinsichtlich der Steigerung des Wirkungsgrades beim Einsatz von Ölen wurde vorgeschlagen, die Auswirkungen des Stammputzens auf den Befallsverlauf zu untersuchen, da sich dann unter der Borke der Rebe versteckt lebende Vektoren bei einer Voraustriebsbehandlung nicht mehr der Benetzung durch Öle entziehen können. Gegebenenfalls sind entsprechende Stammputzgeräte zu entwickeln bzw. verschiedene Verfahren auszutesten.

Um eine Verbreitung der Vektoren bei Bewirtschaftungsmaßnahmen zu verhindern, sind bei Laubschneidern jene Geräte zu bevorzugen, bei denen die Blätter senkrecht zu Boden fallen und nicht in der Anlage verbreitet werden. Ebenso könnten bestimmte Erziehungsformen, bei der sich benachbarte Rebstöcke nicht überlappen, die Ausbreitung der Blattrollkrankheit verlangsamen. Alle diese Maßnahmen sind jedoch hinsichtlich ihrer Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit sowie ihrer Auswirkungen auf den Befall mit anderen Schädlingen oder Krankheiten zu prüfen.

Offenbar spielt die Pflanzenschutzgeschichte einer Anlage eine wichtige Rolle für die Ursachenforschung bezüglich der Massenvermehrung von Vektoren. Es wurde vorgeschlagen, dass für Weinberge, in denen eine Massenvermehrung von Vektoren der Blattrollkrankheit stattgefunden hat, die Spritzfolgen nachträglich durch die Pflanzenschutzdienste analysiert werden können. Dabei sollte jedoch der PSM-Einsatz mehrerer Jahre in Betracht gezogen werden, da sich ein Befall möglicherweise über Jahre aufgebaut haben könnte. Die oben gezeigte Tab. 1 in Ampelfarben kann hierzu genutzt werden.

Blattroll- und Schmierlausproblematik in Vermehrungsanlagen (RNQP)

Angesichts der dokumentierten schnellen Ausbreitung der Blattrollkrankheit in bestimmten Anlagen sollten die bisherigen Testintervalle an Mutterreben in Vermehrungsanlagen neu überdacht werden. Ein Testintervall von sechs Jahren zur Produktion von Basispflanzgut kann aufgrund der gezeigten epidemiologischen Befunde in kritischen Befallslagen unzureichend sein. Ebenso ist zu berücksichtigen, dass sich viele der hier untersuchten asymptomatischen Reben bei PCR-Testung positiv zeigten, so dass ein Virusbefall im Hinblick auf Pflanzguterzeugung nicht zuverlässig aufgrund visueller Symptome auszuschließen ist, weshalb im Einzelfall eine außerplanmäßige Testung veranlasst durch den Züchter wertvolle

Informationen für die Nutzung der Vermehrungsanlage liefern könnte.

Es herrschte Konsens, dass dabei Lösungsansätze für ein Management bzw. eine Eindämmung der Blattrollkrankheit im Hinblick auf die Pflanzguterzeugung nicht auf einzelne Rebanlagen fokussieren sollten, sondern, vergleichbar mit Pheromon- oder Hubschrauberanwendungsgemeinschaften, nur ein lagenweises gemeinschaftliches Vorgehen zielführend ist, wie dies derzeit in Frankreich erarbeitet wird. Falls das nicht gelingt, bliebe in Befallschwerpunkten nur die Möglichkeit, Muttergärten mit einem gewissen Sicherheitsabstand zu weiteren Rebanlagen zu pflanzen, um die Infektion durch benachbarte Rebanlagen auszuschließen.

Fazit

Die Teilnehmer waren sich darüber einig, dass wertvolle Informationen erarbeitet, zusammengetragen und ausgetauscht wurden. Als besonders gewinnbringend und zielführend wurde die Tatsache gesehen, dass dabei Expertinnen und Experten aus verschiedenen Fachrichtungen ihr Wissen eingebracht und dabei unterschiedliche Blickwinkel eingenommen haben. Aufgrund der komplexen Zusammenhänge wurde erkannt, dass wichtige Fragen hinsichtlich einer nachhaltigen Bekämpfungsstrategie bisher unbeantwortet blieben. Um der weinbaulichen Praxis entsprechende Handlungsempfehlungen geben zu können, die sich gegebenenfalls an spezifischen Rahmenbedingungen orientieren müssen, wurden einerseits weitere Fachgespräche, unter anderem zur Thematik Muttergartenhygiene, angeregt ebenso wie gemeinsame Forschungsinitiativen.

Erklärung zu Interessenskonflikten

Die Autorinnen und Autoren erklären, dass keine Interessenskonflikte vorliegen.

Literatur

IOBC-WPRS, 2022: Pesticide Side Effect Database: <https://www.iobc-wprs.org>

Meßmer, N., P. Bohnert, S. Schumacher, R. Fuchs, 2021: Studies on the Occurrence of Viruses in Planting Material of Grapevines in Southwestern Germany. *Viruses* **13** (2), 248, DOI: 10.3390/v13020248.

Müller, G.M., 2019: The effects of commonly applied fungicide tank mixtures on the mealybug *Pseudococcus viburni* and the parasitoid wasp *Anagyrus pseudococci*. Masterarbeit am Institut für Umweltwissenschaften der Universität Koblenz-Landau, 36 S.

Peschiutta M.L., R.P. Pizzolitto, M.A. Ordano, Y.P. Zaio, J.A. Zygodlo, 2017: Laboratory evaluation of insecticidal activity of plant essential oils against the vine mealybug, *Planococcus ficus*. *Vitis* **56** 79-83.

Anjos D.V., A. Tena, H. Maura Torezan-Silingardi, A. Pekas, A. Janssen, 2021: Ants affect citrus pests and their natural enemies in contrasting ways. *Biological Control* **158**, 104611.

Schulze-Sylvester, M., A. Reineke, 2019: Elevated CO₂ levels impact fitness traits of vine mealybug *Planococcus ficus* Signoret, but not its parasitoid *Leptomastix dactylopii* Howard. *Agronomy* **9**, 1–12.

Tobias Ebenau

Neues aus der Deutschen Genbank Obst (DGO)

Die BUND – Ortsgruppe stellt sich vor

Affiliation

BUND Ortsgruppe Guldental.

Kontaktanschrift

Tobias Ebenau, BUND Ortsgruppe Guldental, Gotenstraße 8, 55545 Bad Kreuznach, Telefon: 0671/72883, E-Mail: Tobias.Ebenau802@gmx.de

Einleitung

Seit ihrer Gründung vor über 30 Jahren setzt sich die BUND-Ortsgruppe Guldental (<https://bund-guldental.de>) für die Natur in und um das schöne Weindorf an der Nahe (Rheinland-Pfalz) ein. Die Anlage und Bewirtschaftung von Streuobstwiesen begann 1989 und wurde bald zum zentralen Arbeitsgebiet der Ortsgruppe und bildet seit 2021 das Guldentaler Streuobstland. Dieses bietet Heimat für über 600 Obstbäume auf mehr als acht Hektar Fläche in über 500 verschiedenen Sorten und bietet eine Vernetzung von Streuobstwiesenflächen zu Nachbargemeinden.

Das Motto der Ortsgruppe lautet: „Das Durchschnittliche gibt der Welt ihren Bestand. Das Außergewöhnliche ihren Wert.“ (Oscar Wilde, 1854-1900)

Unter der Leitung von Hans Faus und Tobias Ebenau besteht die Ortsgruppe aus ca. 20 aktiven Mitgliedern die in unterschiedlicher Besetzung bei den Arbeiten den Streuobstwiesen regelmäßig mithelfen. Die Pflanzungen konzentrierten sich in der Vergangenheit vor allem auf Kirsch-, Apfel-, Pflaumen- und Birnensorten, aktuell liegt der Schwerpunkt auf rotkernigen Walnüssen und Mandeln. Eine Mandel-Referenzpflanzung ist im Entstehen.

Seit September 2021 ist die Guldentaler Sortensammlung Partner der Deutschen Genbank Obst in den Netzwerken Kirsche und Pflaume. Ausschlag, sich hierfür zu bewerben, war der Wunsch der Gruppe die Sortenerhaltung noch stärker zu fokussieren und noch enger mit Spezialisten auf diesem Gebiet zusammenarbeiten zu können. Die Deutsche Genbank Obst ist für die BUND Ortsgruppe die perfekte Ergänzung zum Erhalternetzwerk des Pomologenvereins, dem die Gruppe seit Jahren angehört. Neben der Professionalisierung ist die Abgabe von pomologisch überprüften Reiseren ein wichtiges Anliegen der Ortsgruppe, da die Ortsgruppe hierin eine gute Möglichkeit sieht, den Schatz an Sortenvielfalt zu teilen, weiterzugeben und dadurch dauerhaft zu erhalten und zu sichern.

Die Streuobstwiesen der Ortsgruppe umfassen 214 Apfelsorten, 71 Pflaumen und Mirabellen, 158 Kirschen, 44 Walnüsse, 85 Birnen sowie 20 Mandelsorten. Im Jahr 2022 wird das LEADER-Projekt mit folgenden Ergebnissen abgeschlossen:

- Erstellung von 500 Obstsortenschildern in Größe DIN A4 an den wichtigsten Streuobstbäumen,
- Installation von 13 Informations- und Lehrtafeln (in Größe DIN A2 oder/und DIN A1) an markanten Punkten auf den Streuobstwiesen,
- Installation von 29 Emaille-Wiesenschildern mit pomologisch, historischen oder/und lokal-regionalen Namen,
- Aufstellung von 11 Ruhebänken,
- Erstellung einer extra Internetseite.

Nachfolgend sollen einige Spezialitäten im Guldentaler Streuobstland vorgestellt werden.

Der Guldentaler Knorzekopp

Hans Faus, der Gründer der Ortsgruppe BUND Guldental, fiel im Oktober 1990 während eines Spaziergangs am Rande des Ortsteils Waldhilbersheim ein Apfelbaum auf, der auffallend leuchtend gelbe Früchte trug. Nach ausgiebigen Recherchen wurde dieser Apfel bisher jedoch nirgends beschrieben, so dass sich Hans Faus der Sortenbeschreibung annahm und den Apfel über Edelreiser und einer lokalen Baumschule verbreiten ließ. Seinen rustikalen Namen erhielt diese Lokalsorte nach den knorzigen Warzen die sich häufig auf der Schale des Apfels bilden (Abb. 1). Aber auch die Anspielung auf die „Wingertsknorze“ als eigenwillig krumm gewachsene Rebstöcke und die „Knorzeköpp“ im Dorf spielten bei der Namensgebung eine Rolle; so nämlich wurden die eigenwilligen Waldhilbersheimer von den Heddersheimern vor der Zusammenlegung der beiden Ortsteile zu Guldental etwas verächtlich bezeichnet.



Abb. 1. Die Sorte Guldentaler Knorzekopp.

Die rotfrüchtigen Walnüsse auf den Spitteln

Per Zufall entdeckte vor einigen Jahren Tobias Ebenau im Internet das Bild einer rotfrüchtigen Walnuss; der wohl bekanntesten aller roten Nusssorten, der 'Roten Donaunuss aus Ybbs'. Anfangs noch für einen Scherz gehalten, zeigte sich nach kurzer Recherche schnell, dass es nicht nur viele hundert verschiedene Walnussorten gibt, sondern auch weit über 30 verschiedene rote Walnussorten, so dass sich die Gruppe entschloss, die roten Walnüsse möglichst komplett auf sogenannte Spittel, bevorzugt in Kombination mit Mandeln, zu pflanzen.

Ein Spittel ist ein Restdreieck am Ende/Anfang eines Weinberges, das aufgrund der zunehmendem Mechanisierung der Landwirtschaft und der immer größer werdenden Gerätschaften nicht mehr (ökonomisch) gut bewirtschaftet werden kann. Da Guldental umgeben ist von vielen Weinbergen, war

diese Nutzungsaufgabe für die Ortsgruppe die Gelegenheit an Flächen zu kommen, auf denen nun alle verfügbaren, rotfrüchtigen Walnussorten wachsen.

Die 'Big Red Osogo' aus Österreich soll im nächsten Jahr die Sortenliste (Abb. 2) vervollständigen; die 'Red Man' kam erst kürzlich als Neuzüchtung aus einer holländischen Baumschule in Guldental an.

Im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit führt die BUND Ortsgruppe regelmäßig Kurse zum Baumschnitt, zur Veredlung sowie Dengel- und Sensenkurse durch. Des Weiteren werden Kirschenführungen, Sortenausstellungen und Erntetage angeboten.

Erklärung zu Interessenskonflikten

Die Autoren erklären, dass keine Interessenskonflikte vorliegen.

Sortenliste Walnüsse	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Aufhauser Baden 2. Böhmsche Bollernuss 3. Buzsaki Pirobelu 4. Cherry Lady 5. Finkenwerder Deichnuss Royal 6. Große Rote 7. Hodonín 8. Horní Dunajovice 9. Hospozín 10. Juglans regia var. rubra 11. Kaplan 86 12. Kardinal 13. Krasny-J 14. Lange Wapper 15. Milotai 10 16. Petra's Red Medac 17. Purpurovy 18. Red Moravian 19. Red Rief 20. Red Seal 21. Robert Livermore 	<ol style="list-style-type: none"> 22. Ronde de Montignac 23. Rosette 24. Rote Donaunuss 25. Rote Gublernuss 1 26. Rote Gublernuss 2 27. Rote Gublernuss 3 28. Rote Gublernuss 4 29. Rote Lienzer 30. Rote Linzer 31. Rote Moselwalnuss (R509) 32. Rote Moselwulfnuss 33. Rote Poysdorf 34. Rote Weinheimer (139R) 35. Rubis 36. SK 04 37. Sladky Krapac 38. Sychrov (TU-3) 39. Sychrov 2 (TU-5) 40. TU-1 41. Violetta Royal 42. Vysocke Myto 43. Wisnicz Czerwony

Die rot geschriebenen Sortennamen sind rotfrüchtige Nusssorten.



Abb. 2. Liste rotfrüchtiger Walnussorten.

Karl-Heinz Berendes¹, Horst Delb², Rolf Kehr³, Thomas Schröder⁴, Jörg Schumacher⁵, Mathias Niesar⁶, Martin Hommes¹

Nachruf für Prof. Dr. Alfred Wulf (1950 – 2022)

Affiliationen

¹Julius Kühn-Institut (JKI) – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst, Braunschweig.

²Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt (FVA) Baden-Württemberg, Freiburg.

³Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst (HAWK), Fakultät Ressourcenmanagement, Göttingen.

⁴Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Referat 713, Bonn.

⁵Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNEE), Fachbereich Wald und Umwelt, Eberswalde.

⁶Landesbetrieb Wald und Holz NRW, Gummersbach.



Am 29. April 2022 verstarb Professor Dr. Alfred Wulf, der langjährige Leiter des Institutes für Pflanzenschutz im Forst der früheren Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) sowie des Fachinstitutes für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst am heutigen Julius Kühn-Institut (JKI), dem Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, in Wolfenbüttel.

Alfred Wulf wurde am 4. Juni 1950 in Hamburg geboren. Dort wuchs er auf und dort ging er zur Schule bis zum Umzug seiner Familie nach Buxtehude, wo er 1971 erfolgreich sein Abitur ablegte. Zum Studium der Agrar- und Forstwissenschaften zog es ihn an die Georg-August-Universität in Göttingen, wo er 1975 seinen Abschluss als Diplom-Forstwirt erreichte. Nach dem Studium schloss sich eine Dissertation im Institut für Forstzoologie der Universität Göttingen an. Mit dem Thema "Der insektenpathogene Pilz *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. als Krankheitserreger des Kupferstechers *Pityogenes chalcographus* L. (Col., Scolytidae)" wurde er am 31. Mai 1979 zum Doktor der Forstwissenschaften promoviert.

Während seiner Doktorandenzeit erwarb er an der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen noch zwei weitere Abschlüsse. Ergänzend zum ersten Studiengang der Forstwissenschaften für die gemäßigte Zone legte er 1977 erfolgreich auch die Abschlussprüfung für den tropisch-subtropischen Studiengang ab. Parallel absolvierte er auch noch ein Studium der Agrarwissenschaften, welches er 1979 als Diplom-Agraringenieur abschloss.

Im Anschluss war Alfred Wulf noch ein halbes Jahr als Wissenschaftlicher Angestellter an der Universität Göttingen beschäftigt, bis er zum 1. November 1979 als Wissenschaft-

licher Angestellter in die damalige Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft eintrat. Hier hatte er sich aufgrund seiner sowohl landwirtschaftlich als auch forstlich geprägten Hochschulausbildung sowie seiner Promotion erfolgreich auf eine freie Stelle in der Fachgruppe für zoologische Mittelprüfung der Abteilung für Pflanzenschutzmittel und Anwendungstechnik der BBA beworben. Seinen Interessenschwerpunkten gemäß ließ er sich einige Jahre später, zum 01. Dezember 1985, in das Institut für Pflanzenschutz im Forst versetzen, wo er den damaligen Institutsleiter Prof. Dr. Heinz Butin als Vertreter tatkräftig unterstützte und sich intensiver um die Forschung auf dem Gebiet des Waldschutzes und um seine Habilitation kümmern konnte.

Nach dem Ausscheiden von Prof. Dr. Heinz Butin wurde er am 1. Mai 1993 in einem ordentlichen Berufungsverfahren mit der kommissarischen Leitung des Instituts für Pflanzenschutz im Forst beauftragt. Mit seiner Ernennung zum Direktor und Professor am 01. Dezember 1993 wurde ihm dann die Leitung dieses Instituts übertragen. In dieser für ihn sehr wichtigen Zeit habilitierte sich Alfred Wulf an der Universität Göttingen mit dem Thema "Pilzbedingte Blattkrankheiten an Ahorn – unter besonderer Berücksichtigung des Bergahorns (*Acer pseudoplatanus* L.)". Am 23. November 1993 wurde ihm die *Venia Legendi* des Forstwissenschaftlichen Fachbereichs der Georg-August-Universität Göttingen für die Fächer Forstpathologie und Forstschutz erteilt, und am 20. Januar 1998 wurde ihm der Titel „Außerplanmäßiger Professor“ der Universität Göttingen verliehen.

In den Jahren nach der Übernahme der Institutsleitung befasste sich Alfred Wulf national und auch auf europäischer Ebene mit Fragen der Forstpathologie und des forstlichen Pflanzenschutzes, betreute Doktorandinnen und Doktoranden und organisierte mehrere Schwerpunkttagungen der damaligen BBA zu aktuellen Fragen des Waldschutzes, z. B. 1991 zu Borkenkäfer-Gefahren nach Sturmschäden, 1993 zur damaligen Schwammspinner-Kalamität im Forst, 1996 zum Eichensterben und 1999 zu Fortschritten bei der Lagerungstechnologie von Eichensaatgut.

Mit der Gründung des Julius Kühn-Instituts (JKI) zum 1. Januar 2008 wurde Alfred Wulf schließlich zum Leiter des neu gegründeten Instituts für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst bestellt, die Position, die er bis zu seinem Eintritt in den Ruhestand innehatte.

Prof. Wulf war ein universeller und gut vernetzter Forstwissenschaftler, der neben den vielfältigen Aufgaben in der ehemaligen BBA und dem heutigen JKI sowie seinen Hochschul-

aktivitäten in zahlreichen Gremien mitwirkte, wie beispielsweise

- Bund-Länder-Arbeitsgruppe Waldschutz
- Panel on quarantine Pests of Forestry der EPPO
- Senatsarbeitsgruppe Klimaänderungen
- Kuratorium "Baum des Jahres",
- Deutscher Verband der Forstlichen Forschungsanstalten (DVFFA),
- Deutsche Phytomedizinische Gesellschaft (DPG),
- Deutsche Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie (DGaE),
- langjähriges Mitglied im Editorial Board der "Forestry Studies in China",
- Mitglied im Redaktionsbeirat des Journals für Kulturpflanzen.

Wegen seiner herausragenden Expertise zu Krankheiten und Schäden an Bäumen und Waldökosystemen und deren Ursachen war er in Deutschland ein gefragter Interviewpartner für die Medien, der Auskunft geben konnte über neue Pilzkrankheiten, Eichenprozessionsspinner, Schwammspinner, Borkenkäfer, Maikäfer und andere Kalamitäten. Den Braunschweigern ist er darüber hinaus von der Ratgeberseite der Braunschweiger Zeitung bekannt. In der Zeit seiner Institutsleitung wurde er auch von der Landwirtschaftskammer (LWK) Hannover zum öffentlich bestellten und vereidigten Sachverständigen für Fragen der Baumgesundheit (Pilzkrankungen an Straßen- und Parkbäumen) ernannt.

Alfred Wulfs wissenschaftliche Arbeiten im Bereich der Bewertung und der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln im Forst, der Gehölzpathologie, der Forstentomologie und des Waldschutzes mündeten in 279 Publikationen. Im den von

ihm geleiteten Instituten der BBA bzw. des JKI betreute er insgesamt sieben Doktorarbeiten und eine Habilitationsschrift.

Er hat sich um den wissenschaftlichen Nachwuchs besonders über die Betreuung von Doktorarbeiten und Postdoc-Mitarbeitern/innen verdient gemacht. Durch seine wertschätzende Führung, verbunden mit einer motivierenden Kommunikation für Themen des Waldes, kümmern sich heute viele dieser ehemaligen Doktoranden/innen und ehemaligen jungen Mitarbeiter/innen des Institutes für Pflanzenschutz im Forst in verantwortlichen Positionen wesentlich um den Waldschutz und die Waldgesundheit in Deutschland. Er war diesen jungen Menschen immer ein sehr kompetentes und zuverlässiges Vorbild.

Am 12./13. Juli 2011 wurde Prof. Alfred Wulf mit einem zweiseitigen wissenschaftlichen „Waldschutzesymposium“ nach mehr als 30 Jahren in den Diensten der ehemaligen BBA und des heutigen JKI in Braunschweig in die „Freistellungsphase“ seiner Altersteilzeit verabschiedet.

Alfred Wulf hatte immer ein offenes Ohr für seine Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie die von ihm betreuten Doktorandinnen und Doktoranden. Er war stets auf Ausgleich bedacht, und eine konstruktive, vom menschlichen Miteinander und Kommunikation geprägte Arbeitsatmosphäre lag ihm sehr am Herzen. Seine Schüler/innen, Mitarbeiter/innen und Kollegen/innen werden ihn als Mensch, als Lehrer und als allseits geschätzten Wissenschaftler in dankbarer Erinnerung behalten. Leider konnte er die Zeit seines Ruhestandes mit seiner Frau Marga, den beiden Kindern Markus und Katharina und den inzwischen sechs Enkelinnen und Enkeln nicht so lange genießen, wie wir alle es ihm gewünscht hätten. Unser tiefes Mitgefühl gilt seinen Angehörigen.

Dirk Rautmann

Das Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz des Julius Kühn-Institutes (JKI) gibt bekannt:

Affiliation

Julius Kühn-Institut (JKI) – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz, Braunschweig

Kontaktanschrift

Dirk Rautmann, Julius Kühn-Institut (JKI) – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig, E-Mail: at@julius-kuehn.de

Als Mitglied wurde vom Präsidenten des Julius Kühn-Institutes in den Fachbeirat Geräte-Anerkennungsverfahren berufen:

Herr Joachim Schmidt

Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinpfalz, Breitenweg 71, 67435 Neustadt/Weinstr.

196 | Termine und Veranstaltungen

Juli/July

10. – 17.07.2022 | Landau

<https://www.julius-kuehn.de/veranstaltungen/veranstaltung/news/xiii-international-symposium-on-grapevine-breeding-and-genetics/><https://gbg2022.julius-kuehn.de/>

Veranstalter: BMEL, OIV, JKI

Kontakt im JKI: Werner Köglmeier

E-Mail: zr@julius-kuehn.de

09. – 13.07.2022 | Portland

The Annual Plant Biology Meeting<https://aspb.org/meetings-events/>

Kontakt: Jean Rosenberg

Veranstalter: ASPB

E-Mail: jean@aspb.org,

18. – 19.07.2022 | Braunschweig

ToPGa Projekttreffen<https://www.julius-kuehn.de/veranstaltungen/veranstaltung/news/topga-projekttreffen/>

Kontakt: Annmarie-Deetja Rohr

E-Mail: annmarie-deetja.rohr@julius-kuehn.de

10. – 17.07.2022 | Landau/Pfalz

XIII. International Symposium on Grapevine Breeding and Genetics<https://gbg2022.julius-kuehn.de>

Kontakt: Werner Köglmeier

E-mail: zr@julius-kuehn.de

25. – 27.07.2022 | online

Unleashing Fertilizer Use in the Belt and Road Initiative<https://ciec.iae.ac.cn/>

Veranstalter: CIEC

Kontakt im JKI: Haneklaus, Silvia

E-Mail: silvia.haneklaus@julius-kuehn.de

August/August

17. – 18.08.2022 | Siebeldingen

Versuchsweinprobe der pilzwiderstandsfähigen Neuzüchtungen.<https://www.julius-kuehn.de/veranstaltungen/veranstaltung/news/versuchsweinprobe/>

Kontakt: Töpfer, Reinhard

E-Mail: reinhard.toepfer@julius-kuehn.de

September/September

06. – 09.09.2022 | Dresden-Pillnitz

Third International Symposium on Fire Blight of Rosaceous Plants<https://3rd-fireblightsymposium.julius-kuehn.de/>

Veranstalter: JKI

Kontakt: Andreas Peil

E-Mail: andreas.peil@julius-kuehn.de

13. – 15.09.2022 | Freising

9. Tagung für Arznei- und Gewürzpflanzenforschung<https://www.dfa-aga.de/tagung.html>

Veranstalter: LfL, HSWT,

E-Mail: 9TAuG2021@LfL.bayern.de

14.09.2022 | Quedlinburg

Besuch der Amtschef- und Agrarministerkonferenz<https://www.agrarministerkonferenz.de/>

Kontakt: Geschäftsstelle

AMK2022@mw.sachsen-anhalt.de

14. – 16.09.2022 | hybrid conference

Tropentag 2022**Kann agroökologische Landwirtschaft die Welt ernähren? Ansichten der Landwirte und der Wissenschaft**<https://www.tropentag.de/>

18.09.2022 | Siebeldingen

Tag der offenen Tür am JKI-Institut für Rebenzüchtung<https://www.julius-kuehn.de/veranstaltungen/veranstaltung/news/tag-der-offenen-tuer-am-jki-institut-fuer-rebenzuechtung/>

25.09. – 01.10.2022 | Girona, Spain

Joint Meeting of the IOBC/WPRS Working Groups “Pheromones and other semiochemicals in IP” & “Integrated Protection of Fruit Crops”<https://www.pherofruits2022.com/>

Kontakt im JKI: Jürgen Gross

E-Mail: Juergen.Gross@julius-kuehn.de

2023**Januar/January**

30. – 31.01.2023 | Braunschweig

36. Tagung des DPG-Arbeitskreises<https://www.julius-kuehn.de/veranstaltungen/veranstaltung/news/36-tagung-des-dpg-arbeitskreises/>

31.01.2023 | Braunschweig

17. Treffen des Fachausschuss Pflanzenschutzmittelresistenz – Fungizide<https://www.julius-kuehn.de/veranstaltungen/veranstaltung/news/17-treffen-des-fachausschuss-pflanzenschutzmittelresistenz-fungizide/>

Veranstalter: JKI

Kontakt: Bernd Rodemann

E-Mail: bernd.rodemann@julius-kuehn.de

Februar/February

20. – 23.02.2023 | Bozen, Italien

22. Entomologentagung der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie e.V. (DGAAE)<https://www.dgaae.de/de/>

Kontakt am JKI: Jürgen Gross

Mail: juergen.gross@julius-kuehn.de

April/April

23. – 27.04.2023 | Friedrichroda

**International Reinhardsbrunn-Symposium
Modern Fungicides and Antifungal Compounds**<https://plant-protection.net/de/reinhardsbrunn>

E-Mail: info@reinhardsbrunn-symposium.de

Juni/June

19. – 23.06.2023 | Rostock

ILC 2023: 16th International Lupin Conference<https://www.julius-kuehn.de/veranstaltungen/veranstaltung/news/ilc-2023-16th-international-lupin-conference/>

Kontakt: Brigitte Ruge-Wehling

E-Mail: brigitte.ruge-wehling@julius-kuehn.de

September/September

26. – 29.09.2023 | Göttingen

Pflanzenschutztagung<https://www.pflanzenschutztagung.de/>Veranstalter: Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen
Deutsche Phytomedizinische Gesellschaft e. V.

Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Pflanzenschutzamt

E-Mail: info@pflanzenschutztagung.de

Aus dem JKI Newsletter

Interessiert? Den aktuellen Newsletter finden Sie hier:

<https://www.julius-kuehn.de/newsletter-des-jki/>

Um weiter auf dem Laufenden zu bleiben, können Sie dort auch den Newsletter direkt abonnieren.

Aktuelles

Soja kann züchterisch an kühles Klima in Mitteleuropa angepasst werden
Soja wird vor allem in wärmeren Regionen wie Südamerika, Teilen Asiens und dem USA angebaut. Das Erbgut der Kulturpflanze enthält aber auch Gene, die eine Anpassung an ein kühleres Klima wie etwa in Norddeutschland ermöglichen. Dies ist das Ergebnis eines 10-jährigen Projekts des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft, an dem mehrere tausend Nachkommen aus Soja-Kreuzungen und Landrassen in einer breiten Kollektion mit vielversprechenden Varianten identifiziert wurden. Die Ergebnisse werden in einem Sonderbericht zum Projekt veröffentlicht.

1972 – 50 Jahre Unkrautforschung am JKI-Standort Braunschweig
Die Unkrautforschung am JKI-Standort Braunschweig startete, gehörte dazu (BBA), einem der Vorgänger des JKI. Sie wurde von der Biologie und Ökologie der Unkräuter beeinflusst. Und auch verlässliche Methoden zur Identifizierung und Herbologien am JKI sind im Unkrautland erhalten.

Im Gespräch



mit Prof. Dr. Jens Karl Wegener, dem Leiter des JKI-Fachinstituts für Pflanzenschutz, über das dort entwickelte Konzept des Spot Farming.
[Link zum Interview](#)

aus der Forschung Publikationen

Agroforstsysteme verringern N₂O-Emissionen von Ernteböden
Lachgas (N₂O) ist ein 265-fach stärkeres Treibhausgas als CO₂ und die wichtigste Hauptemissionsquelle von N₂O. Sie können sowohl Quelle als auch Senke für N₂O sein. Wenige Arbeitsgruppen weltweit sind in der Lage, Brutto-N₂O-Emissionen (Netto-Aufnahme) von Böden im Feld zu messen. Forschende der Leibniz Universität Hannover haben über zwei Vegetationsperioden hinweg monatlich N₂O-Emissionen mit der Verdünnungsmethode in Alley-Cropping-Agroforstsystemen und in Ackerreinkulturen gemessen. Die Ergebnisse zeigen, dass Agroforstsysteme zu deutlich geringeren Brutto-N₂O-Emissionen führen. Obwohl Agroforstsysteme eine Fläche in Agroforstsystemen ausmachten, waren die Gesamtemissionen pro Fläche geringer als in Ackerreinkulturen. Zusätzlich wurde die Brutto-N₂O-Emissionen pro Fläche in Agroforstsystemen gemessen.



Sonderbriefmarke anlässlich Gregor Mendel

Anlässlich des Geburtstags von Gregor Mendel hat das Bundesfinanzministerium (BMF) eine Sonderbriefmarke zur Erinnerung an den Erfinder der Genetik herausgegeben. Die Briefmarke wurde am 29.06. auf Einladung der JKI in Berlin-Dahlem erstmals der Öffentlichkeit vorgestellt. Die Erstellung der Sonderbriefmarke zurückzuführen auf den Entdecker der nach ihm benannten Vererbungsregeln, insbesondere auch für die Pflanzenzüchtung.
[Link zur Meldung: JKI Berlin | Sonderbriefmarke](#)

JKI prominent vertreten in ZDIN-Jahresbericht

Im Jahresbericht 2021 des Zentrum für digitale Innovationen Niedersachsen (ZDIN) sind gleich mehrere Projekte des JKI aufgeführt. Der Bericht informiert über das Wachstum und den Ausbau der niedersächsischen Digitalisierungsforschung in sechs sogenannten Zukunftslaboren. Im Zukunftslabor Agrar (ab S. 18) ist das JKI unter anderem mit dem Spot Farming vertreten.

[Download des Jahresberichts](#) (PDF-Download)

Journal für Kulturpflanzen

Journal of Cultivated Plants

Inhalt: Band 74 (07-08). S. 153-196, 2022, ISSN 1867-0911

Originalarbeiten

Carlotta Bauer, Alexander Fekete, Stefan Kühne, Peter Baufeld

Abschätzung des klimawandelinduzierten Gefahrenpotentials von Feldheuschrecken (Acrididae) als Schädlinge für die zukünftige deutsche Landwirtschaft

Assessment of climate change-induced hazard potential of locusts (Acrididae) as pest for future German agriculture _____ 153

Benjamin Mair, Manfred Wolf

Monitoring of the development of honeybee colonies placed near apple orchards in South Tyrol during spring

Beobachtungen zur Volksentwicklung von Honigbienenvölkern im Einzugsgebiet des Südtiroler Obstanbaus während des Frühjahrs _____ 166

Eckhard Koch, Petra Zink, Ada Linkies

Isolierung und Charakterisierung von pilzlichen Erregern des Schwarzen Rindenbrandes an Apfelbäumen mit Hilfe des „Apfeltests“

Isolation and Characterization of fungal causal agents of black bark disease of apple using the “apple test” _____ 176

Nachrichten

Christoph Hoffmann, Etienne Herrbach, René Fuchs, Daniela Kamecke, Patrick Winterhagen, Maria Schulze-Sylvester, Christine Trippel, Andreas Kortekamp

Bericht vom Fachgespräch zur Rolle von Schild- und Schmierläusen als Virusvektoren im Weinbau am Oberrhein – Management und Beratungsempfehlung

_____ 185

Tobias Ebenau

Neues aus der Deutschen Genbank Obst (DGO): Die BUND – Ortsgruppe stellt sich vor

_____ 192

Personalien

Karl-Heinz Berendes, Horst Delb, Rolf Kehr, Thomas Schröder, Jörg Schumacher, Mathias Niesar, Martin Hommes

Nachruf für Prof. Dr. Alfred Wulf (1950 – 2022)

_____ 194

Dirk Rautmann

Das Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz des Julius Kühn-Institutes (JKI) gibt bekannt:

_____ 195

Termine und Veranstaltungen

_____ 196

Unser Titelbild:

Lebensraumbiotop (sandiger Trockenrasen) der Italienischen Schönschrecke (*Calliptamus italicus*) (ovales Bild) am Kaulsdorfer See im Südosten von Berlin. Foto: Prof. Dr. Stefan Kühne, JKI Kleinmachnow, lizenziert unter CC-BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>).