

---

## **Sektion 46**

### **Entscheidungshilfen im Pflanzenschutz / Prognose / Monitoring II**

---

#### **46-1 - Entwicklung eines Prognose- und Entscheidungshilfesystems zur Bekämpfung des Gelbrostes (*Puccinia striiformis*) und Schwarzrostes (*Puccinia graminis*) in Winterweizen – Epidemiologische Grundlagen**

*Development of a forecast and decision support system to control stripe rust and stem rust in winter wheat – epidemiological basics*

**Nicole Sommerfeldt<sup>1</sup>, Bettina Klocke<sup>1</sup>, Anne-Kristin Schmitt<sup>1</sup>, Benno Kleinhenz<sup>2</sup>, Paolo Racca<sup>2</sup>, Juliane Schmitt<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Julius Kühn-Institut, Institut für Strategien und Folgenabschätzung, Stahnsdorfer Damm 81, 14532 Kleinmachnow

<sup>2</sup>Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen und Programme im Pflanzenschutz, Rüdeshheimer Str. 60, 55545 Bad Kreuznach

Winterweizen ist in Deutschland mit mehr als 3 Mio ha Anbaufläche die wichtigste landwirtschaftliche Kulturart. Erhebliche Ertragsverluste entstehen durch den Befall mit Getreiderosten, wie die Gelbrostepidemien in den Jahren 2014 bis 2016, bedingt durch neue aggressive Rassen, deutlich zeigten. Prognose- und Entscheidungshilfesysteme können dazu beitragen diese Epidemien frühzeitig zu erkennen, den Einsatz von Fungiziden auf das notwendige Maß zu begrenzen und Behandlungstermine zu optimieren.

Im von der BLE geförderten Projekt PROGPUC werden Erkenntnisse über den Befallsverlauf und die Epidemiologie von Weizenschwarzrost- und -gelbrost an Sorten mit Anfälligkeit und wirksamer Resistenz gewonnen. Neben den Sorten erfolgt auch die Untersuchung unterschiedlich virulenter Gelbrost- und Schwarzroststrassen. Nach Modellerstellung werden diese in bestehende Pflanzenschutzsysteme integriert, um sie der Praxis besser nutzbar zu machen.

Erste Ergebnisse zeigen, dass sich die Kardinaltemperaturen der beiden Roste hinsichtlich der Uredosporenkeimung deutlich voneinander unterscheiden. Während die Grenzbereiche der Schwarzrostsporenkeimung bei 1 °C und 30 °C liegen, ist eine Keimung beim Gelbrost im Bereich von 0 °C bis 20 °C möglich. Optimal keimen alle drei getesteten Schwarzroststrassen bei Temperaturen von 10 °C bis 25 °C, die drei Gelbroststrassen bei 2 °C bis 7 °C. Die Keimung beginnt beim Schwarzrost bereits sehr früh nach nur 2 Stunden, beim Gelbrost wurde der erste Keimbeginn nach 4 Stunden festgestellt.

Dies bestätigt sich bei den ersten Keimpflanzenversuchen. Die Latenz- und Inkubationszeit ist beim Schwarzrost bei 20 °C und 25 °C deutlich geringer als bei 10 °C. Dennoch tritt auch bei 10 °C eine hohe Befallshäufigkeit und –stärke auf, die Rostpusteln sind aber wesentlich kleiner. Mit zunehmender Blattnässe nimmt auch die Befallshäufigkeit der Pflanzen mit Schwarzrost zu. Bei null Stunden Blattnässe ist eine Infektion nicht möglich. Momentan wird getestet, ob diese Ergebnisse auch an den Adultpflanzen reproduzierbar sind.

In den Freilandversuchen an den Standorten Berlin-Dahlem und Dahnsdorf wurde der Gelbrost- und Schwarzrostbefall auf den oberen drei Blättern bzw. dem Halm an

markierten Pflanzen erfasst. Damit ist es möglich, den Verlauf in Abhängigkeit von der Witterung und der Sortenresistenz zu beschreiben und zu modellieren.

Mit Hilfe dieser ersten epidemiologischen Grundlagen kann mit der Modellierung der unterschiedlichen Bausteine des Modells begonnen werden, um zum Projektende ein Entscheidungshilfemodell bereitstellen zu können, das dem Landwirt als zusätzliches Werkzeug bei seiner Entscheidungsfindung bezüglich des Pflanzenschutzes helfen wird.

#### **46-2 - Analyse der witterungsabhängigen Epidemie- und Schadensdynamik von *Septoria tritici* und Effekte der schwellenorientierten Bekämpfung nach dem IPS-Modell Weizen (1995 – 2017)**

*Analysis of the weather-dependent epidemic and damage dynamics of *Septoria tritici* and effects of threshold-based treatments according to the IPM wheat model (1997 – 2017)*

**Tim Birr, Holger Klink, Joseph-Alexander Verreet**

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Phytopathologie, Hermann-Rodewald-Straße 9, 24118 Kiel

Im Rahmen des IPS-Weizen-Monitorings Schleswig-Holstein (bis zu 10 Standorte) der Jahre 1995 bis 2017 wurde die Populations- und Schadensdynamik der Erreger *B. graminis*, *P. recondita*, *P. striiformis*, *Drechslera tritici repentis*, *S. nodorum* und *S. tritici* untersucht. *Septoria tritici* zeichnete sich im Rahmen des IPS-Monitorings Schleswig-Holstein im Rahmen dieser Langzeitstudie standortübergreifend als das wirtschaftlich bedeutendste Pathogen aus. Neben dem Aussaattermin haben die Herbst- bzw. Winterwitterung einen signifikanten Einfluss auf das Ausgangsinokulum im Frühjahr. Infolge dessen begünstigen warme Temperaturen im Herbst bzw. Winter eine Primärinfektion, die sich in hohen Ausgangsbefällen zu Schossbeginn widerspiegeln. Jedoch hat das Ausgangsinokulum im weiteren Verlauf keinen signifikanten Einfluss auf den Endbefall des oberen ertragsessentiellen Blattapparates. So sind ab der Schossphase zusätzliche für den Erreger günstige Witterungsbedingungen notwendig, um den oberen Blattapparat in einem hohen Ausmaß zu infizieren. Derartige Infektionsereignisse werden anhand der erarbeiteten Kriterien mit einer hohen Treffergenauigkeit (97 %) zielsicher prognostiziert. Mithilfe toleranter Sorten konnte der Befall von *Septoria tritici* reduziert werden, sodass die Sortenwahl eine entscheidende phytosanitäre Maßnahme darstellt. Die gegen *Septoria tritici* vorgenommenen Fungizidmaßnahmen im Rahmen des IPS-Modells Weizen wiesen mit 80 % Befallsreduktion einen sehr hohen Bekämpfungserfolg, was auf eine Applikationsterminierung zurückzuführen ist, die an den Infektionsprozess optimiert ist. Die gezielte Bekämpfung der Schaderreger, vor allem von *S. tritici*, anhand von biologisch-epidemiologischen Schadschwellen hat zu einer sehr guten Kontrolle der Pathogene und daraus resultierend auch zu einer hohen Verlustminderung in Form eines Ertragsanstieges geführt. Im Mittel der Jahre konnte in der schwellenorientierten IPS-Variante eine Verlustminderung von durchschnittlich 24 % gegenüber der unbehandelten Kontrolle erzielt werden. Vergleichend zur IPS-Variante erbrachte die Gesundheitsvariante (Praxisvariante; vierfach-stadienorientierte Fungizidanwendung) einen Mehrertrag von lediglich von 1,4 %. Durch die schwellenorientierte Fungizidapplikation konnte der Fremdstoffeintrag in der IPS-Variante vergleichend zur Praxisvariante (Gesundvariante) um 48 % reduziert werden, wengleich infolge dessen kein signifikanter Ertragsverlust entstand.

### **46-3 - Entwicklung maschineller Lernverfahren zur räumlichen und zeitlichen Vorhersage ertragsrelevanter Befallsereignisse am Beispiel von *Blumeria graminis* (Echter Mehltau) und *Puccinia recondita* (Braunrost) im Weizen**

*Development of machine learning methods for spatial and temporal prediction of yield-relevant infestation events using *Blumeria graminis* (powdery mildew) and *Puccinia recondita* (brown rust) in wheat as examples*

**Wolfgang B. Hamer, Tim Birr, Holger Klink, Rainer Duttmann, Joseph-Alexander Verreet**

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Phytopathologie, Hermann-Rodewald-Straße 9, 24118 Kiel

Pilzliche Erreger können den Ertrag des Winterweizens, einem der am häufigsten angebauten Getreide der Welt, deutlich reduzieren. Dementsprechend ist es gängige Praxis, regelmäßig Fungizide gegen Befälle dieser Phytopathogene auszubringen. Um dies nicht in einem bestimmten Turnus, sondern zielgerichtet zu tun ist eine zeitliche Vorhersage bevorstehender ertragsgefährdender Befälle notwendig. Eine solche zeitliche Prädiktion der Befallsverläufe von Weizenpathogenen ist besonders unter Verwendung empirischer Modelle bereits mit unterschiedlichen Vorhersagegenauigkeiten praktiziert worden.

Zusätzlich zu der zeitlichen Vorhersage erfolgt mit dem hier vorgestellten Modellansatz auch eine räumliche Modellierung der Wahrscheinlichkeit ertragsrelevanter Befallsereignisse. Dazu werden entsprechend der Infektionskette des jeweiligen Erregers meteorologische Steuergrößen und die seit 1995 im Feld erhobene Befallshäufigkeiten (VEREET et al. 2000), d.h. der prozentuale Anteil an befallenen Pflanzen eines Bestandes, mittels maschineller Lernverfahren prozessiert. Die dabei generierten Modelle werden anschließend zur räumlichen und zeitlichen Vorhersage der Wahrscheinlichkeit einer Überschreitung der erregerspezifischen Schadschwelle, also des Anteils befallener Pflanzen, welcher eine Behandlung des Bestandes mit Fungiziden rechtfertigt (KLINK 1997), genutzt.

Der Modellansatz wurde an den windbürtigen Erregern Echter Mehltau (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) und Braunrost (*Puccinia triticina*) erprobt, wobei die Vorhersagen der maschinellen Lernverfahren k-Nearest Neighbor, Decision Tree, Boosted Decision Tree und Random Forest miteinander verglichen wurden. Die genutzten iterativen Validierungsverfahren ermöglichen dabei neben der Interpretation der durch die Modelle gewählten meteorologischen Steuergrößen auch eine Aussage über das erregerspezifische Modellverhalten bei in zeitlicher und räumlicher Dimension variierenden Eingangsdaten.

Somit konnte für den Echten Mehltau eine deutliche Abhängigkeit der Vorhersagegüte von der Anzahl berücksichtigter Beprobungsstationen und eine geringe Beeinflussung durch die Anzahl berücksichtigter Jahre in der Erstellung der Modelle ausgemacht werden. Bei dem Braunrost war der Einfluss dieser Faktoren dabei von gleichwertiger Bedeutung. Bei einer Modellbildung basierend auf allen verfügbaren bis 2017 und einer Vorhersage der Befälle für ebendieses Jahr erzielten die Modelle Gesamtgenauigkeiten zwischen 61 % (Random Forest) und 84 % (Decision Tree) für den Echten Mehltau und zwischen 72 % (Boosted Decision Tree) und 82 % (Random Forest) für den Braunrost.

Literatur

KLINK, H., 1997: Geoepidemiologische Erhebungen von Weizenpathogenen in Schleswig-Holstein unter Anwendung und Entwicklung des Integrierten Pflanzenschutzsystems (IPS-Modell Weizen) für einen minimierten, bedarfsgerechten Fungizideinsatz (1993 - 1996). Dissertationsschrift, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

VERREET, J. A., H. KLINK, G. M. HOFMANN, 2000: Regional Monitoring for Disease Prediction and Optimization of Plant Protection Measures: The IPM Wheat Model. *Plant Dis*, **84** (8):816–826.

#### **46-4 - SIMSTEM – ein Entscheidungshilfesystem für die Bekämpfung von *Stemphylium vesicarium* an Spargel**

*SIMSTEM – a decision support system for the control of *Stemphylium vesicarium* on asparagus*

**Paolo Racca<sup>1</sup>, Alexandra Wichura<sup>2</sup>, Henrik Bohlen-Janßen<sup>2</sup>, Bernhard Hau<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen und Programme im Pflanzenschutz

<sup>2</sup>Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Pflanzenschutzamt

<sup>3</sup>Leibniz Universität Hannover, Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme

Seit ihrem Erstauftreten vor 30 Jahren hat sich die Spargellaubkrankheit, verursacht durch den pilzlichen Erreger *S. vesicarium*, zur wichtigsten Krankheit im Spargel in Deutschland entwickelt. Die Bekämpfung beginnt in vielen Betrieben routinemäßig meist vier Wochen nach Stechende und wird in regelmäßigen Abständen weiter durchgeführt. In der Vergangenheit hat sich gezeigt, dass vor allem die ersten ein bis zwei Behandlungen meist hätten eingespart werden können. Um dieses Einsparpotenzial zu realisieren und die Bekämpfungsmaßnahmen besser zu terminieren, wurde im Rahmen eines Projektes das Entscheidungshilfesystem (EHS) SIMSTEM entwickelt.

Die Schnelligkeit der Epidemie in einer Anlage wird maßgeblich vom Auftreten von Askosporeninfektionen beeinflusst. Die Askosporen werden am Vorjahreslaub gebildet und verursachen Primäinfektionen am Stängel. Je besser das Laub eingearbeitet ist, desto weniger Bedeutung haben die Askosporen auf den Befallsverlauf. In den meisten Fällen wird die Epidemie durch die polyzyklischen Infektionen zugeflogener Konidien ab Anfang August hervorgerufen.

SIMSTEM basiert auf spezifisch erarbeiteten biologischen Daten des Wirt-Pathogensystems *S. vesicarium* am Spargel (Bohlen-Janßen *et al.*, 2018a und 2018b). Dabei prognostiziert das EHS schlagspezifisch Infektionsperioden für die Askosporen sowie für die Konidien.

Im EHS wird der „H(ealthy)-L(aten)-I(nfectious)-R(emoved)“-Modellierungsansatz verwendet, um den täglichen Krankheitsverlauf zu simulieren. Hierüber wird es zusätzlich möglich sein, noch genauer zu erarbeitende Bekämpfungsschwellen für den Spritzstart in das Modell einzuarbeiten.

Der Infektionsdruck wird täglich witterungsabhängig berechnet und kann über zwei integrierte Schwellenwerte in die Risikoklassen gering, mittel und hoch differenziert werden. Bei hohem Infektionsdruck wird eine Fungizidbehandlung empfohlen.

Bei SIMSTEM fungiert das Stechende als Biofix, über den der Start der simulation anlagenspezifisch angepasst werden kann. Über die Berücksichtigung der Güte der Einarbeitung des Laubes aus dem Vorjahr, wird die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Askosporeninfektionen berücksichtigt.

Das Modell wird derzeit bundesweit validiert und soll den Spargelanbauern im Anschluss daran über [www.isip.de](http://www.isip.de) zur Verfügung gestellt werden.

Die Förderung des Vorhabens erfolgte aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgte über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung.

Literatur

BOHLEN-JANBEN, H., RACCA, P., HAU, B., A. WICHURA, 2018a: Modelling the effects of temperature and wetness on the polycyclic phase of *Stemphylium vesicarium*, the pathogen causing purple spot on asparagus (*Asparagus officinalis* L.). J. Phytopathol. 166 (5), 333-345.

BOHLEN-JANBEN, H., RACCA, P., HAU, B., A. WICHURA, 2018b: Modelling some aspects of the monocyclic phase of *Stemphylium vesicarium*, the pathogen causing purple spot on asparagus (*Asparagus officinalis* L.). Eur J Plant Pathol <https://doi.org/10.1007/s10658-018-1455-2>

#### **46-5 - Entwicklung einer computergestützten Methode zur automatischen Quantifizierung von Pilzsporen am Beispiel eines entomopathogenen Pilzes**

*Development of a computer-assisted method for the quantification of discharged conidia of an entomopathogenic fungus with potential for biological psyllid pest control*

**Linda C. Muskat<sup>1</sup>, Yannic Kerkhoff<sup>2</sup>, Tim Nattkemper<sup>2</sup>, Anant V. Patel<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Fachhochschule Bielefeld, Fachbereich Ingenieurwissenschaften und Mathematik, AG Fermentation und Formulierung von Zellen und Wirkstoffen

<sup>2</sup>Universität Bielefeld, Technische Fakultät, AG Biodata Mining

Entomopathogene Pilze haben großes Potential für den Einsatz in der biologischen Insektenbekämpfung. Als Infektionseinheiten der Gattung *Pandora* dienen Konidiosporen, die unter optimalen Bedingungen durch den Pilz ausgeschleudert werden. Die klassische Methode des manuellen Auszählens von Pilzsporen unter dem Lichtmikroskop ist zeitintensiv und liefert subjektive Ergebnisse. Das Ziel dieser Studie war es, eine bessere Vergleichbarkeit und höhere Objektivität durch die Entwicklung einer automatisierten, computergestützten Methode zur Sporulationsquantifizierung zu erzielen. Unter Zuhilfenahme des *open source*-Bildverarbeitungsprogramms ImageJ wurden die Konidien anhand lichtmikroskopischer Aufnahmen in einem semi-automatischen Verfahren ausgezählt. Es zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen den Ergebnissen der semi-automatischen Zählung und einer manuellen Zählung ( $R^2 = 0,987$ ). Um die Quantifizierung weiter zu vereinfachen, wurde geprüft, ob die tatsächliche Konidienzahl mit der durch die Konidien erzeugten Lichtreflektion, gemessen anhand des Grauwertes, in Korrelation gesetzt werden kann. In einem Bereich von  $0.2-1.6 \times 10^{-5}$  Konidien/cm<sup>2</sup> konnte gezeigt werden, dass ein linearer Zusammenhang zwischen der Konidienanzahl und dem Grauwert besteht. Es steht in Aussicht, dass das entwickelte Verfahren zur Qualitätssicherung für Produkte genutzt werden kann, die auf Basis sporulierender Organismen wirken. Darüber hinaus ist eine Adaption der Methode auf andere biologische, vor allem pilzliche Systeme, die aktiv oder passiv homogene Zellen abgeben vorstellbar.

#### **46-6 - Ansätze zur agrarmeteorologischen Optimierung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes**

*Approaches to agrometeorological optimization of pesticide use*

**Falk Böttcher**

Deutscher Wetterdienst, Abteilung Agrarmeteorologie, [falk.boettcher@dwd.de](mailto:falk.boettcher@dwd.de)

Im Rahmen der europäischen Förderinitiative EIP-Agri haben sich der Deutsche Wetterdienst, Abteilung Agrarmeteorologie, das Ingenieurbüro Albrecht und Partner der RRS Landwirtschaftsbetrieb GbR zusammen gefunden, um mittels mindestens dreijähriger Exaktversuche die Grundlagen schaffen, um agrarmeteorologische Beratungswerkzeuge für die landwirtschaftliche Praxis bereitzustellen, die es künftig erlauben, Pflanzenschutzmaßnahmen zielgenauer unter Anwendung agrarmeteorologischer Informationen durchzuführen.

Folgende Fragestellungen, deren Erfolg am Ertrag der untersuchten Fruchtart Winterweizen zu messen ist, werden dabei bearbeitet:

1. Anwendung von Wachstumsregulatoren bei unterschiedlichen Temperaturen
2. Fungizideinsatz bei unterschiedlichen Temperaturen
3. Pflanzenschutzmitteleinsatz bei unterschiedlichen Luftfeuchten und Aufwandmengen

Die Versuche sind nach den üblichen Regeln für Exaktversuche im Feldversuchswesen unter randomisierter vierfacher Wiederholung inklusive einer Nullparzelle in jeder Wiederholung durchgeführt worden, so dass am Ende eines jeden Versuchsjahres 432 Parzellenergebnisse auszuwerten sind.

Im Beitrag werden die ersten Resultate präsentiert, die zeigen, dass eine zielgenauere, an agrarmeteorologischen Randbedingungen orientierte Pflanzenschutzapplikation möglich ist. Es sind jedoch sowohl die Wirkstoffgruppen der einzelnen Pflanzenschutzmittel als auch deren chemische Formulierungen in die Überlegungen einzubeziehen, und die Notwendigkeit der Behandlung zu bestimmten Terminen vor dem Hintergrund geltender amtlich festgelegter Behandlungsschwellen ist abzuwägen.

#### **46-7 - Die Datenbank PS Info ([www.pflanzenschutz-information.de](http://www.pflanzenschutz-information.de)) als Werkzeug für eine schnelle und anwenderorientierte Information zu Zulassungs- und Produktinformationen von Pflanzenschutzmitteln**

*Database PS Info as tool for fast and easy access to information on pesticide registration and characteristics*

**Norbert Laun, Isabelle Lampe, Frank Korting, Jochen Kreisemaier**

Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR) Rheinland-Pfalz, Neustadt an der Weinstraße

Die kostenfreie Datenbank PS Info ermöglicht nutzerfreundliche Abfragen nach in Deutschland verfügbaren und einsetzbaren Pflanzenschutzmitteln. Sie ist aus dem Beratungsbedarf des amtlichen Dienstes in Rheinland-Pfalz entstanden. Gerade in den gartenbaulichen Kulturen standen und stehen viele Pflanzenschutzmöglichkeiten über Aktivitäten der Bund-Länder Arbeitsgemeinschaft Lückenindikation zur Verfügung oder werden im Rahmen von Sonderregelungen verfügbar gemacht. Die Regelungen treten zum Teil sehr kurzfristig in Kraft, was in Verbindung mit der Fülle an Kulturen und Anbauformen eine klare, kurzfristig verfügbare und verlässliche Dokumentation erfordert. Der schnelle und verlässliche Zugriff der Beraterkollegen und Produktionsbetriebe auf die jeweils aktuelle Zulassungssituation war deshalb Anlass für die Entwicklung von PS-Info. Da die BVL-Datenbank in Gänze verarbeitet wird, ist die Anwendung der Datenbank nicht auf den Gartenbau beschränkt.

Die Datenbank ist entweder über den eigenen Account ([www.pflanzenschutz-information.de](http://www.pflanzenschutz-information.de)) oder auf den Ackerbau begrenzt unter [ISIP.de](http://ISIP.de) verfügbar. Datenbasis ist der monatlich aktualisierte Zulassungsstand, wie er vom Bundesamt für Verbraucherschutz (BVL) zur Verfügung gestellt wird. Zwischenzeitliche Zulassungsänderungen/-erweiterungen werden tagesaktuell eingepflegt.

Die Datenaufbereitung durch PS Info erleichtert den anwendungsbezogenen Datenabruf. Für den Nutzer sind die wesentlichen Unterschiede zur BVL-Datenbank der Zugriff auf alle aktuell einsetzbaren Pflanzenschutzmittel, d.h. auch solche mit Aufbrauchfristen, mit Notfallzulassungen und anderen Sonderregelungen. Die Anpassung der Datenbank und

Weiterentwicklung der Zugriffsmöglichkeiten erfolgt sukzessiv auf Basis der Nutzungserfahrungen der Pflanzenschutzberater.

Des Weiteren kann der Nutzer auf begleitende Informationen wie Produkt- und Anwendungsinformationen, Auflagen, Wirkstoffe, Wirkstoffgruppen, Resistenzmanagement nach FRAC, IRAC und HRAC, sowie Informationen zu Wirkungsweisen und Nebenwirkungen z.B. auf Nützlinge zugreifen. Sortierfunktionen und mehrstufige Filter erleichtern die Handhabung der großen Datenmengen.

Nach mehrjährigem Praxiseinsatz erfolgen mittlerweile über 25.000.000 Zugriffe im Jahr. Dabei folgt die Zahl der Abrufe im Jahresverlauf dem Pflanzenschutzbedarf der Erwerbsproduktion.