

4.3 Veränderungen im Auftreten von Pflanzenkrankheiten, Schädlingen und deren natürlichen Gegenspielern

SANDRA KRENGEL, BETTINA KLOCKE, PETRA SEIDEL & BERND FREIER

Veränderungen im Auftreten von Pflanzenkrankheiten, Schädlingen und deren natürlichen Gegenspielern: Neben den direkten Effekten des Klimawandels auf das Auftreten von Pflanzenkrankheiten, Schädlingen und Nützlingen werden auch komplexe Veränderungen innerhalb der tritrophischen Interaktionen zwischen Kulturpflanze, Schaderreger und Gegenspieler erwartet. Erhöhte Temperaturen z.B. verkürzen die Generationsfolge, verlängern die Befallsaison, ermöglichen eine Lebendüberwinterung der Schaderreger und ihrer Gegenspieler sowie die Überwinterung invasiver Arten. Die Auswertung langfristiger Befallsdaten, komplexe statistische Analysen und Simulationsrechnungen verweisen auf eine sinkende Bedeutung pilzlicher Schaderreger, mit der Ausnahme von z.B. Braun- und Schwarzrost, und eine zunehmende Bedeutung tierischer Schaderreger. Klimakammerversuche ergaben höhere Nützlingswirkungen, insbesondere des einheimischen Siebenpunkt-Marienkäfers, unter erhöhten Temperaturbedingungen.

Changes in the occurrence of plant diseases, pests and their natural enemies: In addition to direct effects of climate change on the occurrence of plant diseases, pest and their natural enemies scientist expect complex changes inside the tritrophic interactions of crops, pests and predators. Elevated temperatures are known to cause changes such as the shortening of development, the prolongation of infestation period, an anholocyclic hibernation of pests and their predators as well as the hibernation of invasive species. The analysis of long-term data, complex statistic methods and simulation models suggest a decreasing relevance of fungal pathogens, with the exception of brown rust and stem rust, and an increasing relevance of pests. Climate chamber investigation additionally revealed higher efficiencies of predators at higher temperatures, in particular in the case of the native seven-spot ladybird.

Der Klimawandel wird sich durch die direkte Beeinflussung wichtiger Lebensprozesse, die zum Beispiel das Überleben und die Entwicklung bestimmen, und indirekte Effekte durch Veränderungen im Wachstum und der Entwicklung ihrer Wirtspflanzen und natürlichen Gegenspieler, auch auf das Auftreten und die Relevanz landwirtschaftlich und gartenbaulich relevanter Pflanzenkrankheiten und Schädlinge auswirken (JAHN & FREIER 2001, JURSZEK & VON TIEDEMANN 2013). Temperatur und Luftfeuchtigkeit sind beispielsweise bedeutende Antriebskräfte der Populationsdynamik und Epidemie von Krankheitserregern und tierischen Schaderregern. Demzufolge können steigende Temperaturen, eine veränderte Intensität und Verteilung von Niederschlägen, steigende Kohlendioxid- und Ozonkonzentrationen aber auch die erhöhte Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Extremwetterereignissen, wie Dürreperioden und Starkniederschläge, die Wechselwirkungen zwischen Kulturpflanzen und Schadorganismus grundlegend verändern. In Anbetracht der enormen biologischen Vielfalt der Pflanzenpathogene (Viren, Bakterien, obligate und fakultative Pilze, u.a.) und der tierischen Schaderreger (Nematoden, Milben, Insekten und Wirbeltiere) sowie der äußerst komplexen Interaktionen mit Kulturpflanzen und Gegenspielern ist mit sehr unterschiedlichen Reaktionen auf die sich verändernden Klimabedingungen zu rechnen. Aufbauend auf Erkenntnissen von JURSZEK & VON TIEDEMANN (2013) UND JAHN & FREIER (2001) können die Auswir-

kungen des Klimawandels auf Schadorganismen und deren natürliche Gegenspieler grundsätzlich in die folgenden 3 Ebenen untergliedert werden:

- 1) **Veränderungen im saisonalen Auftreten:** Verschiebungen in der Synchronität zwischen den Lebenszyklen der Pathogene, der Schaderreger, ihrer Wirtspflanzen und ihrer natürlichen Gegenspieler
- 2) **Veränderungen in der Populationsdynamik und Epidemie:** Förderung der Lebendüberwinterung von Schaderregern und veränderte Mortalitätsraten während der Überwinterung, Schnellere Entwicklung und Bildung zusätzlicher Generationen, Verlängerung der Vegetations- und Befallsaison
- 3) **Veränderungen in der geografischen Verbreitung:** Ausbreitung oder Verdrängung von Arten, erhöhtes Risiko der Einwanderung und Etablierung invasiver Arten.

Pflanzenkrankheiten

Innerhalb der Riege von Pflanzenpathogenen, zu denen besonders Viren, Bakterien und Pilze zählen, wird es infolge des Klimawandels Gewinner und Verlierer geben. Die Bedeutung vorhandener Pathogene wird sich wahrscheinlich verschieben (JURSZEK & VON TIEDEMANN 2013). Viele pilzliche Pathogene, wie zum Beispiel *Botrytis*-, *Blumeria*-, *Puccinia*- *Alternaria*- und *Fusarium*-Arten, die an zahlreichen landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Kulturen auftreten, benötigen Feuchtigkeit oder Tau für eine erfolgreiche Infektion der

Wirtspflanze (HUBER & GILLESPIE 1992). Da aktuelle Prognosen im Großen und Ganzen von abnehmenden Niederschlagsmengen im Frühsommer und milderem, feuchteren Wintern in weiten Teilen Mitteleuropas ausgehen, wird derzeit tendenziell von einer zunehmenden Relevanz wärmeliebender und abnehmenden Relevanz feuchtigkeitsliebender Schaderreger ausgegangen. Durch mildere Winter wird die Entwicklung aller Getreideroste und auch des Mehltreus (*Blumeria graminis*) begünstigt. Erreger, die auf längere Feuchtheiten und Niederschlagsperioden angewiesen sind, werden im Sommer eine geringere Bedeutung erlangen. Hierzu gehören zum Beispiel die Septoria-Blattdürre an Weizen (*Mycosphaerella graminicola*), die Rhynchosporium-Blattfleckenkrankheit (*Rhynchosporium secalis*) bei Gerste und Roggen sowie die Kraut- und Knollenfäule an der Kartoffel (*Phytophthora infestans*). Erreger mit höheren Temperaturanforderungen, wie der Schwarzrost (*Puccinia graminis*) an Roggen und Weizen, die *Cercospora*-Blattfleckenkrankheit (*Cercospora beticola*) bei Rübe und die Alternaria-Dürrfleckenkrankheit der Kartoffel (*Alternaria solani*), könnten sich demzufolge ausbreiten. Diese Szenarien sind jedoch durch die Möglichkeit einiger Erreger sich an veränderte Umweltbedingungen anzupassen nicht eindeutig vorhersehbar. Gelbrost (*Puccinia striiformis*) tritt vor allem in den feuchtkühlen Regionen Nordwesteuropas, in Frankreich, den Niederlanden, Dänemark, Deutschland und Großbritannien regelmäßig auf (ZADOKS 1961), aber auch in Gebieten mit heißen Tages- und kühlen Nachttemperaturen, die die Bildung von Tau begünstigen (YAHYAOUÏ et al. 2004). Das Auftreten neuer, aggressiver und wärmeliebender Pathotypen in Nordamerika, Australien und Europa ist auf die Migration eines aus dem Nahen Osten und Ostafrika stammenden Pathotyps zurückzuführen (ALI et al. 2014) und zeigt das Anpassungspotential dieses Erregers. Bei Schaderregerüberwachungen gemessene Verschiebungen im Auftreten von Pflanzenkrankheiten bestätigen einige dieser Trends. Die Erfassung der im Feld auftretenden Schadorganismen ist eine Möglichkeit, bereits stattgefundenen Auswirkungen des Klimawandels abzuleiten (CHRISTEN 2008). Ein Verfahren, um Aussagen über die zukünftige Entwicklung zu treffen, ist die Verknüpfung von Langzeitdaten zum Auftreten der Pflanzenkrankheiten, wie sie zum Beispiel von den Pflanzenschutzdiensten der Länder erhoben werden, mit Wetterdaten und die Ableitung von funktionalen Zusammenhängen (WITTCHEN & FREIER 2008). Diese funktionalen Zusammenhänge und zusätzliche in Labor- und Klimakammerversuchen gewonnene Erkenntnisse können dann für die Entwicklung von Prognose- und Simulationsmodellen genutzt werden. JAHN et al. (1996), VOLK et al. (2010), RACCA et

al. (2012) und STÖSSEL et al. (2013) bedienten sich unter anderem dieses Ansatzes und konnten erste Hypothesen zum zukünftigen Auftreten verschiedener, landwirtschaftlich relevanter Pflanzenkrankheiten unter veränderten Klimabedingungen ableiten. Eine weitere Methode ist der spekulative Ansatz, in dem auf Grundlage des Wissens über die biologischen Charakteristika und Ansprüche der Schaderreger auf mögliche Reaktionen dieser geschlossen wird (VON TIEDEMANN 1996; CHRISTEN 2008).

Aufgrund der hohen Komplexität indirekter und direkter Einflussfaktoren auf die Erreger von Pflanzenkrankheiten ist es nicht möglich, allgemeingültige Aussagen über die Effekte des Klimawandels auf das Auftreten dieser zu treffen. Hinzu kommt, dass die derzeit verfügbaren Klimamodelle in Bezug auf Niederschläge und Extremwetterlagen noch gewisse Unsicherheiten bei den Prognosen aufweisen. Neben den Temperaturen, zu denen schon recht genaue Angaben zur zukünftigen Entwicklung gemacht werden können, sind diese für die Pathogene von großer Bedeutung.

Nichts desto trotz gibt es erste, wichtige Studien, die sich mit der Ableitung möglicher Konsequenzen und Trends im Bereich der Pflanzenkrankheiten beschäftigen. Die bisherigen Ergebnisse müssen allerdings noch unter Vorbehalt betrachtet werden, so analysieren diese Studien oft nur die Wirkung ausgewählter Klimaparameter, sind regional begrenzt und basieren zuweilen auf limitierten Datenmengen. In Tab. 4.3-1 sind die beschriebenen Trends exemplarisch anhand einiger bedeutender Getreidekrankheiten dargestellt.

Tierische Schaderreger

Tierische Schaderreger, von denen die Mehrzahl in die Gruppe der Poikilothermen (Wechselwarmen) eingegliedert werden können, sind in besonderem Maße von Wetter und Klima beeinflusst (JAHN & FREIER 2001; CHRISTEN 2008), wobei die Temperatur eine der bedeutendsten Antriebskräfte aller Lebensprozesse ist. Derzeit liegen selbst die Tagesdurchschnittstemperaturen in Mitteleuropa im Sommer noch oft unter dem für viele tierische Schaderreger optimalen Bereich (HARRINGTON et al. 1995). Erhöhte Temperaturen könnten zu erhöhten Reproduktionsraten führen, zur Bildung zusätzlicher Generationen, vermehrter Lebendüberwinterung und infolgedessen zu einem früheren Befall der Kulturpflanzen im Folgejahr. Basierend auf diesen Erkenntnissen und Beziehungen gehen Wissenschaftler davon aus, dass vor allem die Bedeutung besonders wärmeliebender Schaderreger, wie beispielsweise einige Spinnmilben-, Schildlaus-, Wickler- und Nematodenarten, steigt (HARRINGTON & WOIWOD 1995; JAHN & FREIER 2001; STEURWALD 2009; LEHRKE 2011).

Aber auch die Intensität, die zeitliche sowie räumliche Verteilung von Niederschlägen und die Luftfeuchtigkeit haben erheblichen Einfluss auf tierische Schaderreger, wobei auch in Bezug darauf jede Art ihre eigenen Optima besitzt. Dementsprechend fällt es auch hier schwer allgemeingültige Aussagen zu treffen. Die Luftfeuchtigkeit kann, insbesondere unter der Annahme verringerter Niederschlagsmengen im Sommerhalbjahr, schnell in suboptimale Bereiche sinken. Die prognostizierte leicht ansteigende Niederschlagsmenge im Winterhalbjahr und gleichzeitig erhöhte Temperaturen hingegen können die Wahrscheinlichkeit pilzlicher Infektionen überwintender Schaderreger erhöhen, was höhere Sterberaten nach sich ziehen kann.

Mit der Untersuchung möglicher Auswirkungen des Klimawandels auf die biologischen Prozesse und Zusammenhänge zwischen Kulturpflanzen und Schädlingen hat sich bereits eine Vielzahl von Studien beschäftigt. Einige der darin gewonnenen Erkenntnisse fanden bei der Konzipierung von Simulationsmodellen und Entscheidungshilfen, die die Befallsentwicklung von Schaderregern unter Einbeziehung vorangegangener Wetterdaten und der Wetterprognosen berechnen, Verwendung. Beispiele sind das Modell SIMLEP, das das Auftreten des Kartoffelkäfers (*Leptinotarsa decemlineata*) simuliert (Tschöpe & Kleinhenz 2011), das Modell POMSUM, zur Simulation des Auftretens diverser Apfelschaderreger (Gottwald 1996), das Modell SWAT, welches sich mit dem Auftreten verschiedener, schädigender Fliegenarten im Gemüseanbau beschäftigt (Ge-

belein et al. 2001) und das Modell GETLAUS, das die Befallsentwicklung von Getreideblattläusen simuliert (Gosselke et al. 2001). Solche Modelle können nach entsprechender Anpassung und Validierung auch für die Ableitung der Wirkung von Klimaänderungen auf Schaderreger genutzt werden (Christen 2008).

Es existieren allerdings auch sehr komplexe und oft indirekte Beziehungen zwischen Schaderreger und Wirtspflanze oder Schaderreger und Gegenspieler. Auf saugende Insekten, welche die Kulturpflanzen vordergründig durch den Entzug von Pflanzensäften schädigen, könnten sich Dürrephasen durch das Hervorrufen frühzeitiger Abreife oder Vertrocknen der Wirtspflanze und somit den Entzug ihrer Nahrungsgrundlage indirekt negativ auswirken. Untersuchungen von Freier et al. (1996) zeigten unter Verwendung des Modells GETLAUS, dass die durch einen Temperaturanstieg um 3 K hervorgerufene Steigerung der Vermehrungsraten von Getreideblattläusen durch die beschleunigte Ontogenese des Weizen und stärkere Effekte der natürlichen Gegenspieler, besonders bei frühreifen Weizensorten, kompensiert werden konnte und so den Befall limitierte (Abb. 4.3-1). Erhöhte Kohlenstoffdioxidkonzentration kann sich, ausreichendes Wasserangebot vorausgesetzt, positiv auf C3-Pflanzen (z.B. Weizen, Gerste und Roggen) in Form eines Düngeeffekts und erhöhter Massenzuwachsraten auswirken (Christen 2008). Unter gleichbleibendem Stickstoffangebot verringert sich dann aber der prozentuale Anteil von Stickstoffverbindungen in den Pflanzen, was wiederum befallsfördernde Auswir-

Tab. 4.3-1: Hypothesen (Studie, Prognosezeitraum und regionaler Bezug) und abgeleitete Trends (∅) zu möglichen Auswirkungen von Klimaveränderungen (vor allem Temperatur- und Niederschlagsveränderungen) auf ausgewählte Getreidepathogene in Deutschland* Prognose bezieht sich auf 1 K Temperaturanstieg und 30% Niederschlagsrückgang; ** keine Angabe bzw. nicht untersucht.

Pathogen	Jahn et al., 1996	Volk et al., 2010	von Tiedemann, 1996	Racca et al., 2012	Stöbel et al., 2013	∅
	* Neue Bundesländer	2050 Nordrhein- Westfalen	2030 Deutschland	2050,2010 Niedersachsen	** Sachsen Anhalt	
<i>Puccinia recondita, Puccinia triticina,</i>	↑	↑	↑	↑	↑	↑
<i>Puccinia striiformis</i>	**	↑	↓	**	**	↓
<i>Blumeria graminis</i>	→	↑	↓	↓	↓	↓
<i>Mycosphaerella graminicola</i>	**	**	↑	**	**	**
<i>Stagonospora nodorum</i>	↓	→	**	**	**	→
<i>Pyrenophora tritici-repentis</i>	**	→	↑	↑	**	↑
<i>Fusarium spp.</i>	**	↑	↑	**	**	↑
<i>Oculimacula yallundae</i>	↓	→	↓	**	**	↓

kungen veränderter Klimabedingungen auf zum Beispiel Blattläuse, welche sich von den Stickstoffverbindungen im Pflanzensaft ernähren, kompensieren kann.

Als weitere Konsequenz benennen Wissenschaftler die veränderte geografische Verbreitung von Schaderregern und die Einwanderung und Etablierung invasiver Arten (SCHRADER & KEHLENBECK 2011). So hat zum Beispiel der Westliche Maiswurzelbohrer (*Diatrobra virgifera*), eine invasive Art in Mais, in den vergangenen Jahren rasant in Europa ausgebreitet. Die Kirschessigfliege (*Drosophila suzukii*), die die Früchte diverser Obstbaumarten befallt, ist ein weiteres Beispiel für das Auftreten einer invasiven Art mit enormem Schadpotential in Deutschland (BAUFELD et al. 2010). All diese Fakten werden zu einer Verschiebung innerhalb der Relevanz der Schaderreger oder auch einem »Revival« zurückgedrängter Arten, wie im Falle der Reblaus (*Daktulosphaira vitifoliae*) angenommen wird, führen.

Gegenspieler

Grundsätzlich werden für Nützlinge ähnliche Reaktionen erwartet, wie sie im vorherigen Abschnitt für Schaderreger genannt wurden. Ein Temperaturanstieg um 2 bis 3 K wird sich auch bei den ebenso zumeist wechselwarmen Gegenspielern fördernd auf wichtige Lebensprozesse auswirken. Die Entwicklung der Interaktion zwischen Schaderregern, deren Temperaturoptima unter denen ihrer natürlichen Gegenspieler liegen, sind im Zuge sich erhöhender Temperaturen besonders interessant. Untersuchungen von TRILTSCH et al. (1996)

zeigten, dass Marienkäfer unter erhöhten Temperaturbedingungen in der Lage waren die steigenden Vermehrungsraten von Getreideblattläusen und damit den Befall zu begrenzen. Laborversuche von KRENZEL et al. (2012) stützen diese Erkenntnisse. Sowohl der einheimische Siebenpunkt-Marienkäfer (*Coccinella septempunctata*) als auch der Asiatische Marienkäfer (*Harmonia axyridis*) zeigten unter 3 K erhöhten Temperaturen erhöhte Fraßleistungen und ein um bis zu 7fach erhöhtes Vermehrungspotential. Diese Experimente ergaben zudem, dass diese beiden Arten trotz einiger erheblicher Ähnlichkeiten vor allem in Größe und Fraßspektrum, aufgrund verschiedener biologischer Strategien unterschiedlich von den wärmeren Bedingungen profitieren. Diese Erkenntnisse bestätigen, dass die tritrophischen Interaktionen zwischen Kulturpflanzen, Schaderreger und Gegenspieler sehr komplex und noch lange nicht in ihrer Gänze entschlüsselt sind.

Die genannten Beispiele spiegeln die komplexe Natur der Beziehungen zwischen Klimawandel, Kulturpflanzen und ihren Schadorganismen wider und unterstreichen die Wichtigkeit geeigneter Versuche und Studien, um Aussagen über mögliche Folgen sich ändernder Klimabedingungen auf diese Systeme abzuleiten. Generell wird davon ausgegangen, dass der Klimawandel zu einer deutlichen Verschiebung der Anbauzonen wichtiger Kulturpflanzen führen wird und die meisten ihrer Schaderreger mitziehen werden. Einige Schadorganismen, besonders die am besten an warm-trockene Bedingungen angepassten, werden besser auf diese veränderten Bedingungen reagieren

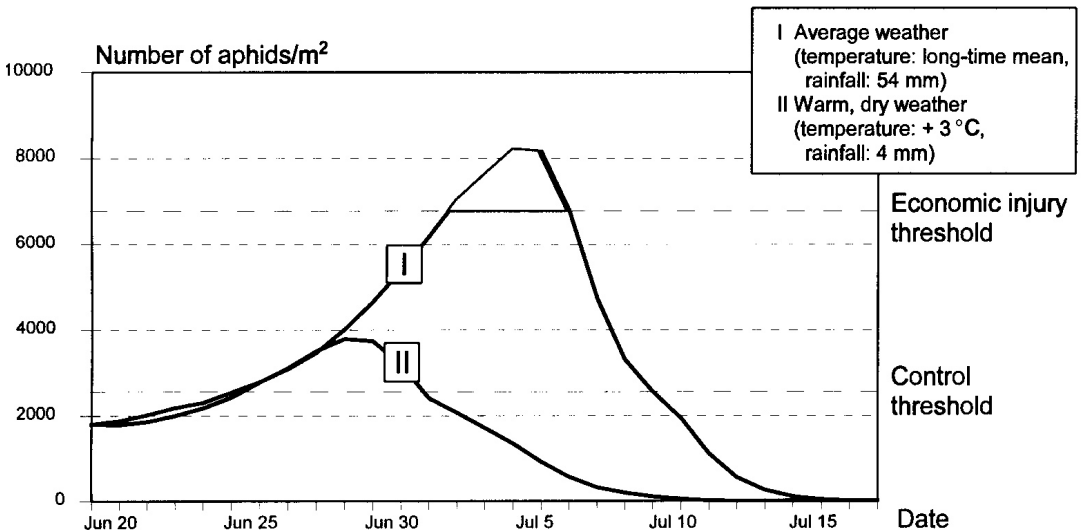


Abb. 4.3-1: Mit dem Modell GETLAUS simulierte Populationsentwicklung von Getreideblattläusen an Winterweizen bei zwei verschiedenen Witterszenarien, aber gleichbleibender Gegenspielerabundanz (nach FREIER et al. 1996).

als andere und dementsprechend gegenüber diesen in weiten Teilen Mitteleuropas an Relevanz gewinnen. Diese direkten positiven Auswirkungen auf vor allem thermophile Schaderreger können aber durch indirekte Effekte über Wirtspflanzen und Gegenspieler kompensiert werden. Die vom Julius Kühn-Institut betriebene Datenbank KLIMAPS fasst aktuelle Forschungsergebnisse und Informationen aus der Fachliteratur zu den Klimafolgen für Kulturpflanzen, Schaderreger, Nützlinge, Pflanzenschutzverfahren, Boden, Landwirtschaft und deren Interaktionen zusammen und stellt somit ein wichtiges Informationsmedium dar (SEIDEL & SELLMANN 2012).

Literatur

ALI, S., GLADIEUX, P., LECONTE, M., GAUTIER, A., JUSTESEN, A. F., HOVMØLLER, M. S., ENJALBERT, J. & C. DE VALLAVIEILLE-POPE (2014): Origin, Migration Routes and Worldwide Population Genetic Structure of the Wheat Yellow Rust Pathogen *Puccinia striiformis* f.sp. tritici. PLOS Pathogens, DOI: 10.1371/journal.ppat.1003903.

BAUFELD, P.; SCHRADER, G. & J.-G. UNGER (2010): Die Kirscheschiffliede - *Drosophila suzukii* - Ein neues Risiko für den Obst- und Weinbau. Journal für Kulturpflanzen 62 (5): 183-186.

CHRISTEN, O. (2008): Langfristige Trends und Anpassungen der Anbausysteme an den Klimawandel. In: von Tiedemann, A.; Heitefuss, R. & F. Feldmann (eds.): Pflanzenproduktion im Wandel – Wandel im Pflanzenschutz. DPG Spectrum Phytomedizin. 57-64.

FREIER, B.; TRILTSCH, H. & D. ROSSBERG (1996): GTLAUS - A model of wheat - cereal aphid - predator interaction and its use in complex agroecological studies. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz 103: 543-554.

GEBELEIN, D.; HOMMES M. & M. OTTO (2001): SWAT: Ein Simulationsmodell für Kleine Kohlfliege, Möhrenfliege und Zwiebelfliege. Julius Kühn-Institut - Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst (http://www.jki.bund.de/no_cache/de/startseite/institute/pflanzenschutz-gartenbau-und-forst/swat.html).

GOSSELKE, U.; TRILTSCH, H.; ROSSBERG, D. & B. FREIER (2001): GETLAUS01 - the latest version of a model for simulating aphid population dynamics in dependence on antagonists in wheat. Ecological Modelling 145: 143-157.

GOTTWALD, R. (1996): Phenology-forecasting of important harmful organisms in apple orchards with the help of temperature sums. Gesunde Pflanzen 48: 140-146.

HARRINGTON, R.; BALE, J. S. & G. M. TATCHELL (1995): Aphids in a changing climate. In: Harrington, R. & N. E. Stork (eds.): Insects in a changing environment; 17th Symposium of the Royal Entomological Society of London, 7-10 September 1993. Academic Press, London, Großbritannien. 126-155.

HARRINGTON, R. & I. P. WOIWOD (1995): Insect crop pests and the changing climate. Weather 50: 200-208.

HUBER, L. & T. J. GILLESPIE (1992): Modeling Leaf Wetness in Relation to Plant Disease Epidemiology Annual Review of Phytopathology 30: 553-577.

JAHN, M.; KLUGE, E. & S. ENZIAN (1996): Influence of climate diversity on fungal diseases of field crops – evaluation of long-term monitoring data. Aspects of Applied Biology 45: 247-252.

JAHN, M. & B. FREIER (2001): Changes in the occurrence of plant diseases, pests and beneficials. In: Lozán, J. L.; Grassl, H. & Hupfer, P. (eds.): Climate of the 21st century: chances and

risks. Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg, Deutschland. 307-310.

JUROSZEK, P. & A. VON TIEDEMANN (2013): Climate change and potential future risks through wheat diseases: A review. European Journal of Plant Pathology 136: 21-33.

KRENGEL, S.; STANGL, G. I.; BRANDSCH, C.; FREIER, B.; KLOSE, T.; MOLL, E. & A. KIOWSKI (2012): A comparative study on effects of normal versus elevated temperatures during preimaginal and young adult period on body weight and fat body content of mature *Coccinella septempunctata* and *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). Environmental Entomology 41: 676-687.

LEHRKE, U. (2011): Nematoden: Bald nur noch tolerante Sorten. Top agrar 2/2011. 50-53.

RACCA, P.; RICHERZHAGEN, D.; KUHN, C.; KLEINHENZ, B. & B. HAU (2012): Einfluss des Klimawandels auf die Ontogenese und die Blattkrankheiten Mehltau (*Blumeria graminis*), Braunrost (*Puccinia triticina*) und DTR (*Drechslera tritici-repentis*) in Winterweizen in Niedersachsen. Julius-Kühn Archiv 438: 135-136.

SCHRADER, G. & H. KEHLENBECK (2011): Begünstigt der Klimawandel das Vordringen neuer Schadorganismen? Forschungsreport Verbraucherschutz, Ernährung, Landwirtschaft 44: 14-17.

SEIDEL, P. & J. SELLMANN (2012): KLIMAPS-JKI nutzen um Informationen über den Klimawandel und Pflanzenschutz zu erhalten. 58. Deutsche Pflanzenschutztagung : 10.-14. September 2012, Technische Universität Braunschweig. Julius-Kühn-Archiv 438, 344 S.

STUEBERWALD, M. (2009): Neues Klima- Neue Probleme. DLG-Mitteilungen 1/2009. 23-25.

STÖSSEL, B.; FREIER, B. & F. WECHSUNG (2013): Study on the influence of weather periods on the occurrence of leaf rust and powdery mildew in winter wheat using an interval-based correlation approach. Journal für Kulturpflanzen 65: 315-327.

TRILTSCH, H.; FREIER, B. & M. MÖWES (1996): Marienkäfer, (Coleoptera, Coccinellidae) als Nützlinge in agrarischen Ökosystemen. Mitteilungen Biologische Bundesanstalt 323.

TSCHÖPE, B. & B. KLEINHENZ (2011): Kartoffelkäferprognose mit GIS. Kartoffelbau 5: 11-12.

VOLK, T., EPKE, K., GERSTNER, V., LEUTHNER, C., ROTTERDAM, A., JOHNNEN, A. & J. S. VON RICHTHOFEN (2010): Klimawandel in Nordrhein-Westfalen - Auswirkungen auf Schädlinge und Pilzkrankheiten wichtiger Ackerbaukulturen. Münster: proPlant GmbH (http://www.proplant.de/data/2010/2010_12_Volk-Richthofen-Johnen_Abschlussbericht-Klimawandel-und-Pflanzenschutz_proPlant.pdf).

VON TIEDEMANN, A. (1996): Global atmospheric and climatic change—what are the implications for plant protection? Nachrichtenblatt Deutscher Pflanzenschutzdienst 48: 73-79.

WITTCHEN, U. & B. FREIER (2008): Use of data-series and simulation models for assessment of influence of climate change on the development of pests in agricultural crops. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes 60 (7):157-162.

YAHYAOU, A., HOVMØLLER, M.S., BRAHIM, E., AHMED, J., MAATOUGUI, M. & W. ASMELASH (2004): Survey of barley and wheat diseases in the central highlands of Eritrea. Phytopathologia Mediterranea, 43: 39-43.

ZADOKS, J. (1961): Yellow rust on Wheat: studies in epidemiology and physiologic specialization. Tijdschrift Over Plantenziekten 67: 69-256.

Kontakt:
Dr. Sandra Krengel¹ (sandra.krengel@dlr.rlp.de),
¹Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinland,
Abteilung Phytomedizin - Neustadt/Weinstraße
Dr. Bettina Klocke, Dr. Petra Seidel Prof. Dr. Bernd Freier²
(bernd.freier@jki.bund.de)
²Julius Kühn-Institut - Institut für Strategien und
Folgenabschätzung, Kleinmachnow

Krengel, S., B. Klocke, P. Seidel & B. Freier (2014): Veränderungen im Auftreten von Pflanzenkrankheiten, Schädlingen und deren natürlichen Gegenspielern. In: Lozán, J.L., Grassl, H., Karbe, L. & G. Jendritzky (Hrsg.). Warnsignal Klima: Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen. 2. Auflage. Elektronische Veröffentlichung (Kap. 4.3) - www.warnsignale.uni-hamburg.de.