

Petra Seidel

Extremwetterereignisse und ihre Auswirkungen auf Schaderreger in Kartoffeln, Zuckerrüben, Raps und Grünland

Extreme weather events and their effects on plant pests infecting potato, sugar beet, rape and grassland

125

Zusammenfassung

Extremwetterereignisse sind Bestandteil von Klimasystemen und unterliegen daher auch dem Klimawandel. Einige werden zunehmen. In diesem Review wurden die weltweit verfügbaren Informationen zum Einfluss der Extremwetterereignisse Hitze, Dürre/Trockenheit, Starkregen, Überflutung, Dauerregen, Starkfrost, Kahlfrost, Frühfrost, Spätfrost, Sturm, Hagel, Strahlung, Nassschnee auf wichtige Schaderreger der Kartoffeln, der Zuckerrüben, im Raps und im Grünland zusammengestellt und analysiert. Nur 33 Arbeiten konnten zum Einfluss der Extremwetterereignisse Dürre, Trockenheit, Hitze, Starkregen, Dauerregen, Überflutung, Staunässe, Hagel, Strahlung sowie Starkfrost auf Vertreter aus den Schaderregergruppen Pilze, Insekten, Bakterien, Unkräuter, Nematoden, Säugetiere und Schnecken vertiefend ausgewertet werden. In diese Analyse flossen in stärkerem Maße als für wissenschaftliche Reviews üblich Ergebnisse von Erhebungen, die von Pflanzenschutzdiensten der Bundesländer gemacht wurden und in Fachzeitschriften der Praxis verbreitet werden, ein. Damit konnten wichtige Hinweise zur dokumentierten Beeinflussung von Schaderregern, besonders an Kartoffeln, aber auch an Zuckerrüben und zur Beeinflussung von Pflanzenschutzmaßnahmen durch Extremwetterereignisse berücksichtigt werden. Diese Quellen, in deren Hintergrund häufig sowohl Befalls- als auch Ertrags- und Wetterdaten verfügbar sind, sollten zukünftig stärker berücksichtigt werden. Die gefundenen und analysierten Hin-

weise zeigen, dass sowohl Schaderreger als auch Pflanzenschutzmaßnahmen von Extremwetterereignissen beeinflusst werden. Für Verallgemeinerungen und Schlussfolgerungen sind jedoch die Informationen noch zu lückenhaft. Die Forschung muss sich verstärkt diesen Fragen widmen, um ein klareres Bild gewinnen zu können.

Stichwörter: Extremwetterereignisse, Kartoffel, Zuckerrübe, Raps, Grünland, Schaderreger, Hitze, Dürre/Trockenheit, Starkregen, Überflutung, Dauerregen, Staunässe, Hagel, Strahlung, Graue Literatur, Pflanzenschutz

Abstract

Extreme weather events are a part of climatic systems, hence will be influenced by climates change, causing some of them to increase. In this review all 33 evaluable globally accessible articles that could be found, regarding the influence of heat, drought, heavy rain, flooding, black frost, early frost, late frost, extreme frost, hail, radiation and wet snow have on plant pests affecting potatoes, sweet beets, rape and grassland are summarized and evaluated. These articles only provided sufficient in-depth information of the effects on fungi, insects, bacteria, viruses, weeds, nematodes, mammals and snails. In this analysis a scientifically unusually high amount of literature were results of evaluations conducted by the plant protection services of the German

Institut

Julius Kühn-Institut – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Strategien und Folgenabschätzung, Kleinmachnow

Kontaktanschrift

Dr. Petra Seidel, Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Strategien und Folgenabschätzung, Stahnsdorfer Damm 81, 14532 Kleinmachnow, E-Mail: petra.seidel@julius-kuehn.de

Zur Veröffentlichung angenommen

17. Juli 2016

states, which were broadcasted in professional journals of agricultural practice. This way, important evidence in form of documented influences of plant pests infesting potatoes and sweet beets, but also the influence extreme weather has on plant protection measures, could be obtained. These sources should have a more important role in the future, as they have a background full of harvest-, infection- and weather data. Obtained evidence does show that both plant pests and plant protection measures are affected by extreme weather events, but at this point there are still too many data gaps as to provide generalizations or conclusions. It is important that more intense research is conducted to answer these questions.

Key words: Extreme weather, potato, sweet beet, rape, grassland, plant pests, heat, drought, heavy rain, persistent rain, hail, radiation, black frost, early frost, late frost, extreme frost, grey literature, plant protection

Einleitung

Die Blattfrüchte Kartoffeln, Zuckerrüben und Raps werden zusammen auf rund 17 Prozent der Ackerfläche Deutschlands angebaut. Kartoffeln wuchsen 2014 auf rund 245.000 ha, das sind etwas mehr als 2% der Ackerfläche von insgesamt rund 11,9 Millionen ha, Zuckerrüben mit rund 370.000 ha auf ca. 3 Prozent und Raps/Rübsen mit rund 1,4 Millionen ha auf 12 Prozent (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2015). Wenngleich diese Kulturen eine insgesamt geringere Anbaufläche der Gesamtackerfläche als Getreide einnehmen, sind sie doch wichtige Kulturen. Kartoffeln für die menschliche Ernährung, als Pflanzkartoffeln und teilweise auch als Futterkartoffeln für die Tierproduktion. Raps wird u.a. als Ölfrucht und Bioenergiepflanze genutzt, Zuckerrüben vor allem zur Zuckergewinnung. Bereits unter den gegenwärtigen Klimabedingungen können Schaderreger an diesen Kulturpflanzen beträchtliche Ertragsverluste verursachen. Erinnert sei an die verheerenden Folgen der *Phytophthora*-Epidemie (Erreger der Kraut- und Knollenfäule) in den späten 40er Jahren des 19. Jahrhunderts, welche eine große Hungersnot in Irland auslöste, die zum Tod von mehr als einer Million Iren sowie einer Auswanderungswelle nach Amerika führte und auch andere Teile Europas traf. Schaderreger und Kulturpflanzen sind in ihrer Entwicklung auch von den jeweils vorherrschenden Witterungsbedingungen beeinflusst. Infolge des Klimawandels können verschiedene Witterungsparameter, wie Temperaturen und Niederschlagsmenge verändert sein. Einflüsse des Klimawandels auf Schaderreger wurden häufiger untersucht. Weniger erforscht sind bisher Auswirkungen extremer Witterungsereignisse, deren Auftreten und Intensität, die gleichfalls vom Klimawandel beeinflusst werden (IPCC, 2012), auf die an Kartoffeln, Zuckerrüben und im Grünland vorkommenden Schaderreger (SEIDEL, 2014; GÖMANN et al., 2015). Das verfüg-

bare Wissen zu diesem Thema soll daher in der vorliegenden Übersichtsarbeit für die in Deutschland an diesen Kulturen auftretenden, vom Klimawandel vermutlich beeinflussten Schaderreger zusammengetragen und ausgewertet werden.

Material und Methoden

Um eine Übersicht zum vorhandenen Wissen über die Einflüsse von Extremwetterereignissen auf unter den Bedingungen des Klimawandels relevante Schaderreger in Zuckerrübe, Raps, Ackerfutter und Grünland (darunter: Klee, Luzerne, Futterroggen, Futterweizen, Gräser, Schwingel-Arten, Wiesenschwingel, Timotheegras, Wiesenlieschgras, Glatthafer, Weidelgräser, *Poa*-Arten, Wiesenrispe, Knautgras, Roggentrespe, Goldhafer) zu erhalten, wurde in der weltweit seit 1910 publizierten Literatur nach entsprechenden Informationen gesucht. Verschiedene Abfragekombinationen aus den Segmenten „Kulturpflanze“, „Schaderreger“ und „Extremwetterbegriff“ im „Web of Science“ unter Nutzung des „Advanced Search“-Modus wurden monatlich wiederholt und durch Informationen aus aktuellen Zeitschriftenumläufen, auch aus der sogenannten „Grauen Literatur“ und Sekundärauswertungen sowie im Klimafolgenkataster des PIK <http://www.klimafolgenkataster.de> ergänzt. Auf diese Weise wurde eine Reihe einschlägiger Quellen identifiziert. Die Publikationen zu allen Quellen wurden beschafft, gelesen und bewertet. Eine ausführliche Darstellung zur Methodik, recherchierten Extremwetterbegriffen und abgefragten Schaderregerbegriffen siehe unter SEIDEL (2014 und 2016a).

Ergebnisse

Die gefundenen Ergebnisse bzw. Hinweise werden getrennt nach zu untersuchenden Kulturarten und dort untergliedert nach Schaderregergruppen sowie Art des Extremwetterereignisses dargestellt und diskutiert.

Kartoffel

Zur Beeinflussung von Schaderregern der Kartoffel wurden bei 353.704 abgefragten Einzelkombinationen aus „Kultur + Schaderregerbegriff + Extremum“ zu insgesamt 179 Schaderregerbegriffen im Erhebungszeitraum 36 Treffer ermittelt. Verwendet werden konnte nach Prüfung keine dieser im „Web of Science“ angebotenen Arbeiten. Im Ergebnis zusätzlicher, ergänzender Recherchen wurden 11 Arbeiten zu den Auswirkungen von Extremwetterereignissen auf Schaderreger bzw. den durch sie verursachten Schaden an Kartoffeln gefunden und nach Studium sowie Bewertung in die weitere Auswertung einbezogen. Diese behandeln sechs verschiedene Schaderregergruppen: Schadinsekten (3 Arbeiten), Schadpilze (16 Arbeiten), Bakterien (12 Arbeiten), Nematoden (2 Arbeiten), Säugetiere (2 Arbeiten) und Schnecken (1 Arbeit). Die Arbeiten befassten sich mit den Einflüssen von Hitze

(13 Arbeiten), Starkregen (10 Arbeiten), Staunässe (9 Arbeiten), Dürre/Trockenheit (8 Arbeiten), Überflutung (8 Arbeiten), Hagel (2 Arbeiten) und Strahlungsschäden (1 Arbeit). Alle hier in diese Studie aufgenommenen Arbeiten entstammen also der sogenannten „Grauen Literatur“, in der auch Ergebnisse und weitere Auswertungen aus den Versuchsberichten der deutschen Bundesländer sowie der Schweiz publiziert werden. Diesen Berichten liegen konkrete Wetter- und Schaderregerdaten zugrunde und eine Regionalisierung ist möglich. Eine spätere vertiefende Auswertung ist am Institut für Strategien und Folgenabschätzung in Kleinmachnow vorgesehen. Dieses Vorgehen entspricht der Empfehlung der 21. UN-Klimakonferenz in Paris 2015 (=COP 21 (Kurzform von United Nations Framework Convention on Climate Change, 21st Conference of the Parties), die sogenannte „Graue Literatur“ stärker bei der Klimawandelfolgenforschung zu berücksichtigen. Eine Vorgehensweise, die vom Weltklimarat IPCC unterstützt wird und vom Deutschen IPCC auf der Jahrestagung 2016 an die Deutsche Forschung weitergegeben wurde.

Schadpilze an Kartoffel. Für folgende durch Pilze verursachte Krankheiten der Kartoffel konnten Funde in der Literatur hinsichtlich der Wirkung von Extremwetterereignissen ausgewertet werden:

- Pulverschorf der Kartoffel *Spongospora subterranea* ((Wallroth) Lagerheim) (MERZ et al., 2009; BALLMER et al., 2012),
- Alternaria- Dürffleckenkrankheit der Kartoffel verursacht durch *Alternaria alternata* ((Fries) Keissler) und *Alternaria solani* (Sorauer) (NECHWATAL et al., 2013; ZELLNER und WAGNER, 2015; BENKER, 2015),
- Graufäule *Botrytis cinerea* (Persoon) (synonym: *Botryotinia fuckeliana* ((de Bary) Whetzel) ((NECHWATAL et al., 2013; ZELLNER und WAGNER, 2015, BENKER, 2015),
- Violette Wurzeltöter *Rhizoctonia crocorum* ((Persoon) de Candolle) (synonym: *Helicobasidium brebissonii* ((Tulasne) Patouillard) (ZELLNER und WAGNER, 2015),
- Blattdürre der Kartoffel *Colletotrichum coccodes* ((Wallroth) S.J. Hughes) (BENKER, 2013),
- Kraut- und Knollenfäule *Phytophthora infestans* ((Montagne) de Bary) (BENKER, 2014 und 2015; OSMERS und BRUNS, 2015).

Hitze, Trockenheit, Dürre und Pilzkrankheiten der Kartoffel. Hitze und im Sommer auch große Trockenheit begünstigten in Bayern in den Jahren 2013 und 2015 die Ausbreitung von *Alternaria solani* und *Alternaria alternata* sowie von *Botrytis cinerea*. Der Juli 2013 war der bis dahin wärmste seit 100 Jahren mit Temperaturen von 35°C und 90% weniger Niederschlag; dies bedeutet eine starke Trockenheit. Infolge intensiver Sonneneinstrahlung verbrannte Blattstellen erhöhten die Anfälligkeit für *Alternaria* sp. und *Botrytis* sp. Wenn nach Trockenheit und hohen Temperaturen Regen fällt oder bewässert wird, entsteht physiologischer Stress für die Kartoffelpflanze, der gute Befallsbedingungen für *Alternaria sola-*

ni sowie *Alternaria alternata* schafft. 2015 waren bereits Winter (in ganz Bayern) und Frühjahr zu warm und zu trocken (in Mittel- und Unterfranken). Südlich der Donau herrschte im Frühjahr Stark- und Dauerregen; auch im Juni setzte sich diese zweigeteilte Witterung fort (NECHWATAL et al., 2013; ZELLNER und WAGNER, 2015). Extreme Hitze im Juli und August mit Temperaturen von 33 bis 40°C in der ersten Juliwoche führten zum Befall der Kartoffelknollen mit *Rhizoctonia crocorum* (ZELLNER und WAGNER, 2015). Dieser Pilz verursacht eine Trockenfäule und befällt Kartoffelknollen nur, wenn die Böden sehr heiß sind. Zusätzlich gefördert wird die Ausbreitung dieses Pilzes auf feuchten (z.B. durch Beregnung), aber gut durchlüfteten Böden (ZELLNER und WAGNER, 2015).

In Nordrhein-Westfalen gab es im Juli/August 2013 kaum Niederschläge, es herrschten hohe Tagestemperaturen bis 35°C, der Sommer war sehr trocken, zwischen 7. und 21. Juli fiel beispielsweise kaum Regen. Unter diesen Bedingungen wurde die *Colletotrichum*-Welke (Blattdürre) der Kartoffel gefördert (BENKER, 2013). Die 2015 vorherrschende Trockenheit im Mai/Juni erwies sich als nachteilig für die Entwicklung der Kartoffelpflanze, die nur ein flaches Wurzelsystem bildete. Der Wechsel zu mehreren Starkregenereignissen ab Ende Juli begünstigte infolge des physiologischen Stresses für die Kartoffelpflanze *Alternaria* sp. Der Befall mit *Alternaria* sp. nahm ab Ende Juli bei späten Sorten so sehr zu, dass die Bestände innerhalb von 2 Wochen zusammenbrachen. Hitze und Sonnenscheindauer von Mai bis Juli führten außerdem zu einem Sonnenbrand der Blätter. Auf den Flecken siedelte sich häufig *Botrytis cinerea* an (BENKER, 2015).

Starkregen, Überflutung, Staunässe, Hagel und Pilzkrankheiten der Kartoffel. In den Jahren 2014 und 2015 bedingten Starkregen, Überflutung und Staunässe in Nordrhein-Westfalen einen frühen und starken Befall mit der Kraut- und Knollenfäule bzw. führten zur Ausbreitung dieser Krankheit. Ab Mitte Mai 2014 einsetzende Niederschläge bei feuchtwarmer Witterung, mit Starkregen und Dauerregen von Ende Juni bis Ende August ohne Trockenperioden, eine also insgesamt lange Regenphase mit Gewitterschauern, Starkregen und Hagel wirkten komplex. Die Böden waren sehr feucht, das führte zu offenen Lentizellen, die Eintrittspforten für Schaderreger darstellten. Zahlreiche infolge schlechter Bekämpfbarkeit vorhandene Durchwuchskartoffeln aus Getreidefeldern stellten ein Infektionsreservoir für *P. infestans* und damit eine Gefahr für benachbarte Kartoffelschläge dar (BENKER, 2014). Außerdem war eine zeitnahe Spritzung infolge der Nichtbefahrbarkeit der Flächen (Staunässe) nicht möglich, so dass auch Stängelphytophthora auftrat. Ab Ende Juni war in Nordrhein-Westfalen flächendeckender Befall zu verzeichnen, wobei der Infektionsdruck bis Mitte September hoch blieb und an den Knollen auf Risikoschlägen war schon während der Ernte Braunfäule festzustellen (BENKER, 2014). 2015 trat die Krautfäule zwar erst ab Ende Juli auf zahlreichen Flächen auf, der Infektionsdruck war jedoch wieder hoch. In Nordrhein-Westfalen herrschte auf den Schlägen Staunässe bis Mitte

April 2015, dann erst sank die Bodenfeuchte unter 100%. Dies verursachte eine grobe Bodenstruktur, die wiederum eine schlechte Durchwurzelung des Unterbodens bedingte. Ab Ende Juli herrschten wieder Starkregenereignisse vor. Eine Bekämpfung der Krautfäule mit Fungiziden war wegen der schlechten Befahrbarkeit der vernässten Flächen nicht immer möglich und so breitete sich die Krautfäule rasch aus. Daher gab es auch einen starken Befall der Knollen mit Braunfäule (BENKER, 2015). Ähnlich war die Situation 2015 in Norddeutschland: Starkregen vom 16. bis 18. August mit über 140 l/m² führte dazu, dass die Kartoffeldämme unter Wasser standen und die Flächen nicht befahrbar waren. Dadurch entstand ein hoher Befallsdruck durch Krautfäule *P. infestans* bis Anfang September (OSMERS und BRUNS, 2015).

Schadinsekten an Kartoffel. Hinsichtlich der Auswirkungen von Extremwetterereignissen spielten Erdräupen und Blattläuse im Erhebungszeitraum 2013 bis 2015 eine Rolle:

- Erdräupen- Arten *Agrotis sp.* (Ochenheimer) (NECHWATAL et al., 2013; ZELLNER und WAGNER, 2015),
- die Kreuzdornblattlaus *Aphis frangulae* (Kaltenbach) (BENKER, 2013).

Hitze, Trockenheit, Dürre und Schadinsekten der Kartoffel. Alle Aussagen zur Auswirkung von Hitze auf diese Schadinsekten der Kartoffel entstammen, wie oben dargestellt, Praxiserhebungen.

In **Bayern** herrschte in den Jahren 2013 und 2015 Hitze, in der Sommerperiode auch in Verbindung mit großer Trockenheit, was in beiden Jahren mit einer starken Zunahme des Befalls mit Erdräupen sowie der durch sie an Kartoffeln verursachten Schäden durch die Larven, einherging. Neben der Gemeinsamkeit Hitze und Sommertrockenheit war die Witterung in den Jahren jeweils wie folgt charakterisiert: Im Juli 2013 bestand ein Niederschlagsdefizit, es herrschte Hitze mit Temperaturen um 35°C. Dieser war der wärmste Juli seit 100 Jahren, es gab 90% weniger Niederschlag, die Erdräupen wurden durch die trockene Hitze gefördert. 2015 war bereits der Winter 2014/15 zu mild und zu trocken, das Frühjahr 2015 zu warm und zu trocken und der Mai war warm. Südlich der Donau herrschte Dauerregen, in Mittel- und Unterfranken hingegen Trockenheit. Im Juni blieb das Wetter regional zweigeteilt mit Starkregen und heftigen Unwettern in Südbayern sowie Dürre in Franken. Die Temperatur lag in ganz Bayern über dem langjährigen Mittel. Die Monate Juli und August waren extrem heiß, sonnig und trocken, bereits in der ersten Juliwoche wurden Temperaturen von 33 bis 40°C gemessen bei gleichzeitiger extremer Trockenheit (NECHWATAL et al., 2013; ZELLNER und WAGNER, 2015).

Auf den Praxisschlägen in **Nordrhein-Westfalen** wurden 2013 infolge der vorherrschenden Hitze allgemein Blattläuse gefördert, die Kreuzdornblattlaus *A. frangulae* trat verstärkt auf. Im Juli 2013 wurden hohe Temperaturen von über 30°C gemessen. Diese hohen Temperatu-

ren führten weiterhin dazu, dass Transportprozesse in den Kartoffelpflanzen stark reduziert waren, so dass systemische Insektizide nicht wirken konnten, was die weitere Vermehrung der Blattläuse erleichterte (BENKER, 2013).

Erreger bakterieller Krankheiten an Kartoffel. Zu folgenden Bakterien, die Kartoffelkrankheiten verursachen, wurden Informationen hinsichtlich ihrer Beeinflussung durch Extremwetterereignisse gefunden:

- *Dickeya sp.* (NECHWATAL et al., 2013 und 2014; BENKER, 2014 und 2015),
- *Pectobacterium sp.* (NECHWATAL et al., 2013 und 2014; ROUFFIANGE et al., 2013; BENKER, 2014 und 2015),
- Gewöhnlicher Kartoffelschorf *Streptomyces scabiei* ((Thaxter) Lambert und Loria) (BALLMER et al., 2012; ZELLNER und WAGNER, 2015; BENKER, 2015).

Trockenheit, Dürre, Hitze und bakterielle Krankheiten der Kartoffel. Trockenheit und Hitze fördern offensichtlich den Gewöhnlichen Kartoffelschorf, hervorgerufen durch *Streptomyces scabiei*. Er äußert sich als Flach-, Netz- und Buckelschorf auf den Kartoffeln. Nach einem zu milden und zu trockenen Winter 2014/15 war auch das Frühjahr 2015 zu warm und zu trocken, der Mai warm und in Mittel- und Unterfranken herrschte Trockenheit, die im Juni in Franken in Dürre überging. Die Temperatur lag in ganz Bayern über dem langjährigen Mittel. Juli und August waren extrem heiß, sonnig und trocken, bereits in der ersten Juliwoche herrschten Temperaturen von 33 bis 40°C und es war extrem trocken. Die warmen und trockenen Böden begünstigten den Kartoffelschorf, der vermehrt auftrat (ZELLNER und WAGNER, 2015). Auch in Nordrhein-Westfalen waren Mai und Juni 2015 von Trockenheit geprägt. Insbesondere Bestände ohne Beregnung zeigten bei der trocken-heißen Witterung einen stärkeren Befall mit Kartoffelschorf (BENKER, 2015). Die Beobachtung, dass eine Beregnung bzw. Bewässerung den Befall mit Flach-, Netz- und Buckelschorf (*Streptomyces scabiei*) reduziert, bestätigen BALLMER et al. (2012) in Feldversuchen mit Damm- bzw. Reihenbewässerung über Tropfschläuche.

Starkregen, Überflutung, Staunässe, Hagel und bakterielle Krankheiten der Kartoffel. In der Literatur wird davon ausgegangen, dass es zu einer Zunahme des Befalls der Kartoffeln mit *Dickeya*-Arten, ganz besonders mit *Dickeya solani* (van der Wolf), infolge des Klimawandels im Allgemeinen kommt und dass die durch *Dickeya sp.* verursachten Verluste steigen (LUMB et al., 1986; Tsrör et al., 2006; Toth et al., 2011). Wie die folgenden Erhebungen aus der Praxis in Bayern und Nordrhein-Westfalen zeigen, scheinen auch Extremwetterereignisse, die im Zuge des Klimawandels zukünftig gleichfalls an Häufigkeit und Intensität gewinnen können, bereits jetzt eine Rolle bei dieser Entwicklung zu spielen.

Stark- und Dauerregen, eine daraus, wie auch aus Überflutungen und Staunässe resultierende Sauerstoff-

armut der Böden begünstigen *Dickeya* sp., da diese auch ohne Sauerstoff überleben können. Die Bakterien werden mit dem Bodenwasser von Pflanze zu Pflanze übertragen und die Ausbreitung gelingt rasch. Genau dies war die Situation in Bayern in den Jahren 2013 und 2014. 2013 waren die Temperaturen in der zweiten Monatshälfte des Mai um 2 Grad niedriger und die Regenmengen um 70 Prozent höher als das langjährige Mittel (1981 bis 2010). Es handelte sich um die kälteste Maiperiode seit 150 Jahren. Die Pflanzenentwicklung war bis zur zeitweisen Stagnation stark verlangsamt. Der Juni folgte mit häufigen Starkregenereignissen, begleitet von Überflutungen, so fielen Ende Mai/Anfang Juni 50 bis 250 mm Regen. Insbesondere im Donauraum stand das Wasser bis über die Krone der Kartoffeldämme. Ein Absterben oder eine Wachstumsverzögerung der Kartoffelpflanzen und eine Zunahme des Befalls mit *Dickeya*-aber auch *Pectobacterium*-Arten waren die Folge. 2014 waren das Frühjahr und auch der Frühsommer in Bayern zwar trocken, teilweise sogar zu trocken. Lediglich im Mai gab es eine Periode mit zu hoher Feuchtigkeit. Der Juli jedoch führte mit Stark- und Dauerregen, Gewittern bei Niederschlagsmengen bis zu 150% im Vergleich zum langjährigen Mittel wieder zu Staunässe und schlecht abtrocknenden Böden. Außerdem war es zu kühl. Zu nass, kühl und sonnenscheinarm war es auch im Oktober 2014. *Pectobacterium* sp. und *Dickeya* sp. wurden durch die feuchte Witterung im Mai sowie im Hochsommer stark gefördert (NECHWATAL et al., 2014). Eine vergleichbare Förderung dieser beiden Bakterienarten wurde 2014 auch in Nordrhein-Westfalen festgestellt. Im Mai, Juni und mehr noch im Juli war es dort zwar warm, aber ebenfalls viel zu nass. Bereits im Mai gab es häufige Niederschläge, denen sich Ende Juni bis Ende August eine Serie von Stark- und Dauerregenfällen ohne Trockenpause anschloss. Diese war von Gewittern mit Hagel begleitet. Dauerfeuchte Böden führten dazu, dass die wachsenden Kartoffeln dauerhaft offene Lentizellen hatten, was eine Besiedlung der Knolle mit Schaderregern erleichterte. Bereits Ende Juni gab es daher starke Befallszunahme an *Pectobacterium* sp. und *Dickeya* sp., die sich im Juli noch verstärkte (BENKER, 2014). 2015 waren Mai und Juni in Nordrhein-Westfalen zwar trocken bis zu trocken und der Sommer war heiß. Die vorherrschende Staunässe bis Mitte April 2015, eine erst danach unter 100% absinkende Bodenfeuchte und ab Ende Juli wieder einsetzende Stark- und Dauerregenereignisse führten ab Oktober zu einer starken Zunahme des Befalls der Kartoffeln mit den Erregern der Schwarzbeinigkeit und Nassfäule (BENKER, 2015).

Nematoden, Schnecken und Feldmäuse an Kartoffel. Bei den nachfolgenden Berichten zu Nematoden, Schnecken und Feldmäusen in Kartoffelschlägen handelt es sich um Einzelbeobachtungen, die hier zusammen dargestellt werden.

Starkregen, Überflutung, Staunässe und Nematoden an Kartoffel. Über ein vermehrtes Auftreten verbunden mit erheblichen Schäden infolge einer Beeinträchtigung des

Auflaufens der Kartoffeln durch freilebende Nematoden der Spezies *Pratylenchus* (FILIPJEV) und der Gattung *Trichodoridae* nach Staunässe bis Mitte April 2015 (Bodenfeuchte 100%) in Nordrhein-Westfalen berichtet BENKER (2015).

Starkregen, Staunässe und Schnecken an Kartoffel. Starke Schäden durch Schnecken in den feuchten Sommermonaten Juli, August und September 2014 in Bayern beschreiben NECHWATAL et al. (2014). Der Juli war dort extrem nass mit Gewittern und Niederschlagsmengen bis zu 150% im Vergleich zum langjährigen Mittel, es gab also Stark- und Dauerregen (NECHWATAL et al., 2014). Die Nässe im Juli 2015 führte auch in Nordrhein-Westfalen zu einem verstärkten Schneckenfraß an Kartoffeln. Leider erfolgte keine Information in den Publikationen, um welche Schneckenarten es sich handelte.

Trockenheit, Dürre und Hitze an Kartoffel. Der milde Winter und die extreme Trockenheit, auch im Frühjahr und Sommer (die Trockenheit ging teilweise in Dürre über), begleitet von Hitze, führten zu einem starken Anstieg der Feldmauspulationen. Nach der Getreideernte wanderten die Feldmäuse im Sommer in Kartoffelschläge ein und verursachten beträchtliche Schäden. Die Sommertemperaturen lagen in ganz Bayern über dem langjährigen Mittel. Juli und August waren in ganz Bayern extrem heiß, bereits in der ersten Juliwoche wurden Temperaturen von 33 bis 40°C gemessen (ZELLNER und WAGNER, 2015). Nach Trockenheit im Mai/Juni 2015 wanderten auch in Nordrhein-Westfalen die Feldmäuse nach starker Vermehrung früh aus dem reifen Getreide in die Kartoffelschläge ein und führten dort zu großen Fraßschäden an den Knollen (BENKER, 2015).

Extremwetter und Pflanzenschutzmittelanwendung in Kartoffeln. In den Praxisberichten aus den Bundesländern Bayern, Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen der Jahre 2013 bis 2015 werden auch die Auswirkungen der Extremwetterereignisse Starkregen, Dauerregen, Staunässe und Überflutung auf die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln, Herbiziden und Fungiziden in Kartoffeln beschrieben.

Starkregen, Dauerregen, Staunässe, Überflutung und Herbizide. Im Jahr 2013 führten Starkregen und eine lange Regenperiode von Mitte bis Ende Mai in Nordrhein-Westfalen dazu, dass ausgebrachte Herbizide stark in die Kartoffeldämme eingewaschen wurden. Die Kartoffelpflanzen, in ihrer Entwicklung zurück, mussten durch ein breites Herbizidband (Clomazone, Aclonifen, Metribuzin) stoßen und wurden geschädigt (BENKER, 2013). 2014 und 2015 verursachten hingegen Durchwuchskartoffeln erhebliche Probleme. 2014 führten Starkniederschläge dazu, dass die Schläge nicht befahren werden konnten und zeitnahe Herbizidbehandlungen nicht möglich waren (BENKER, 2014). Außerdem bedingte die warme Frühjahrswitterung, dass die Durchwuchskartoffeln schneller wachsen konnten. Das führte zu Probleme-

men mit Durchwuchskartoffeln in Zuckerrüben, Getreide und Gemüse (BENKER, 2014). Diese Durchwuchskartoffeln bildeten dann ein Infektionsreservoir für *Phytophthora infestans*. Im Jahr 2015 hingegen liefen die Durchwuchskartoffeln infolge des nasskalten Frühjahrs so spät auf, dass eine Bekämpfung mit Herbiziden im Getreide nicht mehr möglich war (BENKER, 2015).

Starkregen, Dauerregen, Staunässe, Überflutung und Fungizide. In Nordrhein-Westfalen war 2014 eine zeitnahe Spritzung infolge der Nichtbefahrbarkeit der Flächen (Staunässe) nicht möglich, so dass auch Stängelphytophthora auftrat (BENKER, 2014). Dieses Problem ergab sich dort auch im Jahr 2015. Es herrschte Staunässe bis Mitte April 2015. Ab Ende Juli fielen wieder starke Niederschläge. Krautfäule trat ab Ende Juli auf zahlreichen Flächen auf, der Infektionsdruck war hoch, eine Bekämpfung mit Fungiziden aber wegen der schlechten Befahrbarkeit der vernässten Flächen nicht immer möglich und so breitete sich die Krautfäule rasch aus. Daher gab es auch einen starken Befall der Knollen mit Braunfäule (BENKER, 2015). Die gleiche Situation trat in Norddeutschland auf: Starkregen vom 16.–18. August mit über 140 l/m² führte dazu, dass die Kartoffeldämme unter Wasser standen und die Flächen nicht befahrbar waren. Dadurch entstand ein hoher Befallsdruck durch Krautfäule, der bis Anfang September andauerte (OSMERS und BRUNS, 2015).

Grünland

49 Treffer wiesen die durchgeführten Recherchen im „Web of Science“ bei insgesamt 580.944 abgefragten Einzelkombinationen aus „Kultur + Schaderregerbegriff + Extremum“ im Erhebungszeitraum für Grünland auf. Davon konnten sieben Arbeiten nach Studium und Bewertung weiter verwendet werden. 262 eingegebene Schaderregerbegriffe aus allen Schaderregergruppen führten lediglich bei Unkräutern (4 Arbeiten), Schadinsekten (1 Arbeit) und Säugetieren (1 Arbeit) zu Funden hinsichtlich der Auswirkungen von Extremwetterereignissen auf diese Schaderreger bzw. den durch sie verursachten Schaden an Pflanzen im Grünland. Außerdem gab es eine Übersichtsarbeit. Die aufgenommenen Arbeiten befassten sich mit den Einflüssen von Dürre/Trockenheit/Hitze (4 Arbeiten) und Überflutung (2 Arbeiten).

Unkräuter im Grünland. Da es sich um eine Recherche der weltweit erschienenen Literatur handelt, erscheinen hier auch Unkräuter, die in Grünlandbeständen Deutschlands derzeit (noch) keine Rolle spielen. Gefunden wurden Arbeiten zu den Einflüssen von Hitze, Dürre und Trockenheit auf folgende Unkräuter:

- Japanischer Staudenknöterich *Fallopia japonica* ((Houttuyn) Ronse Decraene) (VERLINDEN et al., 2013),
- Ackerkratzdistel *Cirsium arvense* ((Linnaeus) Scopoli) (VERLINDEN et al., 2013),
- Riesengoldrute *Solidago gigantea* (Aiton) (VERLINDEN et al., 2013),

- Rauhaariges Weidenröschen *Epilobium hirsutum* (Linneus) (VERLINDEN et al., 2013),
- Schmalblättriges Geiskraut *Senecio inaequidens* (de Candolle) (VERLINDEN et al., 2013),
- Spitzwegerich *Plantago lanceolata* (Linneus) (VERLINDEN et al., 2013),
- Stumpfbblätteriger Ampfer *Rumex obtusifolius* (Linneus) (MARTINKOVA et al., 2009; GILGEN et al., 2010; GILGEN und FELLER, 2013).

VERLINDEN et al. (2013) gingen der Frage nach, inwieweit sich invasive Arten gegenüber in Nordamerika einheimischen Arten durchsetzen können, ob sich also die Konkurrenzbeziehungen und die Konkurrenzfähigkeit unter den Bedingungen des Klimawandels verändern. Als Klimaänderungsfaktoren wurden Bodentrockenheit oder eine Temperaturerhöhung um 3 Grad gewählt und deren Auswirkungen unter standardisierten Bedingungen in Klimakammern geprüft. Jeweils ein natürlich vorkommender und ein invasiver Vertreter wurden paarweise gegeneinander getestet. Die Untersuchungen zur Auswirkung von Bodentrockenheit zeigten, dass bei den ersten beiden Paaren *Fallopia japonica/Cirsium arvense* bzw. *Solidago gigantea/Epilobium hirsutum* die natürlich vorkommenden *Cirsium arvense* sowie *Epilobium hirsutum* dominierten, beim dritten Paar *Senecio inaequidens/Plantago lanceolata* hingegen die invasive Art *Senecio inaequidens* (VERLINDEN et al., 2013). Nach einer Temperaturerhöhung von 3 Grad veränderte sich die Konkurrenzbeziehung zwischen einheimischer und invasiver Art bei allen drei Paaren nicht, obwohl *Senecio inaequidens* (invasiv) und *Plantago lanceolata* (natürlich vorkommend) eine größere oberirdische Biomasse entwickelten und die Fotosyntheserate von *Senecio inaequidens* erhöht war (VERLINDEN et al., 2013). Trockenheit veränderte also die Konkurrenzfähigkeit, aber nicht immer zugunsten der invasiven Arten, Erwärmung hingegen nicht. Obwohl in dieser Arbeit keine Temperaturmaxima geprüft wurden, sondern nur eine durchschnittliche Temperaturerhöhung von 3 Grad, wurden auch die diesbezüglichen Ergebnisse hier aufgenommen, da ein Temperaturanstieg um 3 Grad bereits den Abläufen mittlerer Klimaszenarien entspricht. Würde er Realität dürfte dies auch zu gestiegenen Temperaturmaxima führen. Es sei daran erinnert, dass nach dem COP 21 seit Ende 2015 eine Begrenzung der durchschnittlichen Temperaturerhöhung von 1,5 bis 2 Grad als Klimaschutzziel angestrebt wird. Bei Trockenheit erhöhte sich die oberirdische Biomasse von *Rumex obtusifolius*, so dass schließlich der Stumpfbblätterige Ampfer 80% der Gesamtbiomasse der Pflanzengemeinschaft bildete. Der Stumpfbblätterige Ampfer besaß in den Versuchsvarianten mit Trockenheit die höchsten Werte für das Blattwasserpotential vor Tagesbeginn, am Mittag sowie für die Stomataleitfähigkeit. Dies und die Assimilationswerte zeigten, dass *Rumex obtusifolius* deutlich weniger von der Trockenheit betroffen ist als die anderen Pflanzen. Eine höhere Wassernutzungseffizienz (water use efficiency) sowie eine veränderte Stickstoffaufnahme führten zu einem Konkurrenzvorteil von *Rumex obtusifolius* im Ver-

gleich zu den anderen Arten. Das könnte eine Ausbreitung des Stumpflättrigen Ampfers begünstigen und zu einer Zunahme des Unkrautdruckes durch diesen führen (GILGEN et al., 2010). Außerdem führt Trockenheit bei *Rumex obtusifolius* zu einem verstärkten Transport löslicher Verbindungen in die Wurzel, zuungunsten anderer oberirdischer Pflanzenteile. Bei Wiederbefeuchtung ist dieser Prozess reversibel (GILGEN und FELLER, 2013). Das ermöglicht ein besseres Wachstum der Wurzel und damit möglicherweise eine bessere Aufnahme noch vorhandenen Wassers. Ergänzend zur erhöhten Wassernutzungseffizienz der oberirdischen Pflanzenteile könnte dies die Konkurrenzfähigkeit des Stumpflättrigen Ampfers zusätzlich steigern. Im Verhältnis zu Gräsern wird jedoch von einer erhöhten Mortalität des Stumpflättrigen Ampfers bei Sommerhitze und Wintertrockenheit in Mitteleuropa berichtet (MARTINKOVA et al., 2009). Diese gegensätzlichen Beobachtungen müssten noch unter verschiedenen Trockenheits- und Temperaturregimes überprüft werden; und dies mit unterschiedlich zusammengesetzten Pflanzengemeinschaften. Die genaue Zusammensetzung der Artengemeinschaften spielt sicherlich auch eine Rolle. Daher kann hier nur der allgemeine Hinweis entnommen werden, dass sich die Konkurrenzfähigkeit des Stumpflättrigen Ampfers unter Trockenheit und Hitze verändert.

Insekten im Grünland. Die einzige identifizierte Arbeit beschäftigte sich mit dem Einfluss von Überflutungen auf verschiedene Schnaken-Arten:

- die Sumpfschnake *Tipula paludosa* (Meigen) (WOLLECKE et al., 1996),
- die Kohlschnake *Tipula oleracea* (Linneus) (WOLLECKE et al., 1996),
- *Tipula solstitialis* (Westhoff) (WOLLECKE et al., 1996),
- die Frühlingschnake *Tipula vernalis* (Meigen) (WOLLECKE et al., 1996),
- *Tipula obsoleta* (Meigen) (WOLLECKE et al., 1996),
- die Schwarze Schnake *Tipula nigra* (Linneus) (WOLLECKE et al., 1996),
- *Tipula fusca* (Staeger) (WOLLECKE et al., 1996).

Eine Überflutung im Sommer (Erhebungen auf natürlichen Standorten in Niedersachsen) beeinflusste die meisten Arten negativ, nur *Tipula solstitialis* konnte Überflutungen lange überleben; bis zu neun Monate. *Tipula fusca* und *Tipula paludosa* überstanden auf einem höher gelegenen Areal, umgeben von Wasser, drei Monate (WOLLECKE et al., 1996).

Mäuse im Grünland. Im Grünland werden Mäuse durch Überflutungen beeinträchtigt, bei Feldmäusen reicht diese Beeinträchtigung bis zum Zusammenbruch der Population und das kann sehr niedrige Populationsdichten für mindestens eine Vegetationsperiode zur Folge haben. Daher wurden das Überleben und die Vermehrungsfähigkeit von:

- Feldmaus *Microtus arvalis* (Pallas) (JACOB, 2003),

- Europäischer Rötelmaus *Clethrionomys glareolus* (Schreiber) (JACOB, 2003),
- Gelbhalsmaus *Apodemus flavicollis* (Melchior) (JACOB, 2003)

vergleichend untersucht. Die Überlebensrate der Europäischen Rötelmaus war im Vergleich zu den Jahren vor der Überflutung nicht verändert, aber die Vermehrung erfolgte später (JACOB, 2003). Die Überlebensraten der Gelbhalsmaus zeigten eine hohe Variabilität für die Jahre vor und nach der Überflutung. Rötel- und Gelbhalsmaus-Populationen können auch nach Überflutungen weiter bestehen (JACOB, 2003). Die Untersuchungen wurden im Überschwemmungsgebiet der Unstrut in Thüringen durchgeführt.

Zuckerrübe

51.870 abgefragte Einzelkombinationen aus „Kultur + Schaderregerbegriff + Extremum“ erbrachten im Erhebungszeitraum 9 Treffer bei den Recherchen im „Web of Science“ für die Zuckerrübe. Vier Arbeiten konnten davon nach Studium und Bewertung weiter verwendet werden. 21 eingegebene Schaderregerbegriffe aus allen Schaderregergruppen führten lediglich bei Schadpilzen (3 Arbeiten) zu Funden. Keine der in den Recherchen im „Web of Science“ gefundenen Arbeiten machte Aussagen zu den direkten Wirkungen der Extremwetterereignisse auf den Befall der Zuckerrübe mit den genannten Schaderregern. Eine Arbeit befasste sich mit dem durch diese verursachten Schaden an Zuckerrübe. Alle anderen Arbeiten befassten sich mit der Beeinflussung von vorbeugenden Maßnahmen des Pflanzenschutzes durch Extremwetterereignisse. Außerdem wurde eine Übersichtsarbeit gefunden. Die hier aufgenommenen Arbeiten beschäftigten sich mit den Einflüssen von Dürre/Trockenheit (2 Arbeiten) und Überflutung sowie Starkfrost (1 Arbeit). Zwei Arbeiten aus dem Bereich der sogenannten „Grauen Literatur“ zur *Rhizoctonia*-Trockenfäule und drei weitere zur Blattfleckenkrankheit der Rübe *Cercospora beticola* werden ergänzend dargestellt bzw. diskutiert.

Untersucht wurden die Einflüsse von Trockenheit auf

- die *Rhizoctonia*-Trockenfäule, synonym: Späte Rübenfäule, *Rhizoctonia solani* (Kühn) (Anastomosegruppe 2-2) (synonym: *Thanatephorus cucumeris*) ((A.B. Frank) Donk) (KENTER et al., 2006; MAHMOUDI und GHASHGHAIE, 2013; POSTMA et al., 2014),
- die Blattfleckenkrankheit der Rübe *Cercospora beticola* (Saccardo) (KENTER et al., 2006),
- die Fäule *Macrophomina phaseolina* ((Tassi) Goidanich) (MAHMOUDI und GHASHGHAIE, 2013),
- sowie von Starkfrost und Überflutung auf die Späte Rübenfäule *Rhizoctonia solani*.

Die Lagerfähigkeit der Zuckerrüben wird durch Trockenstress, sichtbare Wurzelschäden und *Rhizoctonia solani* beeinflusst. Befall mit *Cercospora beticola* scheint hingegen auf die Lagerfähigkeit keinen Einfluss zu haben (KENTER et al., 2006). Das Auftreten der *Rhizoctonia*-Trockenfäule

selbst wird insbesondere durch starke Erwärmung der Böden im Frühjahr und Feuchtigkeit gefördert (HEUPEL, 2003). Weiterhin ist bekannt, dass Staunässe im Herbst befallsbegünstigend ist (STEUERWALD, 2009). *Cercospora beticola* wird zwar bekanntermaßen durch Wärme begünstigt und es wird davon ausgegangen, dass diese Zuckerrübenkrankheit als Folge des Klimawandels und der damit verbundenen Erwärmung an Bedeutung gewinnt (ANONYM, 2009; STEUERWALD, 2009). Diese Überlegungen wurden auch mit Simulationsrechnungen belegt (RICHERZHAGEN et al., 2012 und 2013). Hitze war nicht Gegenstand dieser Arbeiten, so dass eine weitere Berücksichtigung in Hinblick auf Extremwetterereignisse nicht erfolgte.

Es gibt Hinweise, dass einige trockenheitstolerante Zuckerrübenlinien gegenüber *Rhizoctonia solani* und *Macrophomina phaseolina* anfällig sind (MAHMOUDI und GHASHGHAIE, 2013).

Zugaben von Chitin oder Federmehl sollen insbesondere im ökologischen Landbau helfen, die Widerstandsfähigkeit der Böden gegenüber der Späten Rübenfäule zu steigern. Bei Temperaturen von 20°C oder 4°C war unter Klimakammerbedingungen dieses antiphytopathogene Potential der von natürlichen Standorten entnommenen Bodenproben bei Zusatz von Chitin oder Federmehl gegenüber *R. solani* tatsächlich erhöht. Eine Überflutung für 1 oder 4 Wochen oder Frost von -15°C führten jedoch dazu, dass Chitin oder Federmehlzusätze die Fähigkeit von Böden *R. solani* AG2-2IIIB in Zuckerrübe zu unterdrücken nicht mehr steigern konnten (POSTMA et al., 2014).

Raps

241.072 Einzelkombinationen aus „Kultur + Schaderregerbegriff + Extremum“ wurden bei den Recherchen im „Web of Science“ für Raps abgefragt und führten zu 18 Treffern. Von diesen konnten 6 Arbeiten nach Studium und Bewertung weiter ausgewertet werden. 122 eingegebene Schaderregerbegriffe aus allen Schaderregergruppen erbrachten bei Schadpilzen (2 Arbeiten) und Schadinsekten (3 Arbeiten) Funde hinsichtlich der Auswirkungen von Extremwetterereignissen auf diese Schaderreger bzw. den durch sie verursachten Schaden an Raps. Außerdem wurde eine Übersichtsarbeit ermittelt. Die aufgenommenen Arbeiten befassten sich mit den Einflüssen von Dürre/Trockenheit (3 Arbeiten) und Überflutung (1 Arbeit) sowie Hitze (1 Arbeit).

Trockenheit/Dürre und Schadinsekten an Raps. Es liegen Informationen zu folgenden Schadinsekten vor:

- Kleiner oder Blauer Mauszahnrüßler *Baris caerulescens* (Scopoli) (LERIN und KOUBAITI, 1997),
- Mehliges Kohlblattlaus *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus) (POPOV et al., 2006; BURGESS et al., 1996).

Unterschiede im Entwicklungszyklus von *Baris caerulescens* an Winterraps werden vermutlich durch Trockenstress verursacht. Es ist bekannt, dass Trockenstress die Eiablage in Experimenten unter kontrollierten Bedingun-

gen beeinflusst. Die Geschwindigkeit, mit der das Populationsmaximum erreicht werden kann, ist in feuchten Jahren größer als in trockenen (LERIN und KOUBAITI, 1997).

Blattlauswachstum und Reproduktion der Mehliges Kohlblattlaus *Brevicoryne brassicae* wurden in Klimakammern unter drei Lufttemperaturregimes (15°C, 20°C und 25°C) und vier Bewässerungsregimes, um Wassermangel zu induzieren, untersucht. Die Nährstoffqualität der Pflanzen (löslicher Stickstoff) und das Mikroklima (Blatttemperatur) wurden jeweils bestimmt. Mit steigendem Wassermangel erhöhte sich sowohl der Gehalt an löslichem Stickstoff (in Prozent der Trockenmasse) als auch die Blatttemperatur (°C). Wuchsen die Pflanzen unter Wassermangel, war bei allen drei Temperaturen die Entwicklungszeit für die Blattläuse bis zur Reproduktionsphase kürzer. Die mittlere relative Wachstumsrate und die intrinsische Rate des natürlichen Anstiegs erhöhten sich signifikant mit steigendem Wassermangel. Die Lufttemperatur, die Blatttemperatur und der lösliche Stickstoff waren wichtige Faktoren für Blattlauswachstum und Reproduktion. Die Ergebnisse zeigen, dass ein andauernder Wassermangel an Raps Parameter des Wachstums und der Reproduktion von *B. brassicae* forcierte, was zu einer insgesamt schnelleren Rate des Populationswachstums der Mehliges Kohlblattlaus im Bestand führen könnte (BURGESS et al., 1996). Dieser Befund deckt sich mit Praxisbeobachtungen: Bei ausgeprägter Trockenheit wurde in Rumänien ein starker Befall des Rapses mit Mehliges Kohlblattlaus, bei starker Schaderregervermehrung ermittelt (POPOV et al., 2006). 2001 betrug die Blattlausdichte in einigen Fällen mehrere Tausend/Pflanze und eine chemische Bekämpfung war auf großen Flächen erforderlich. Besonders in den ersten Entwicklungsstadien gab es die größten Schäden und daher war eine Saatgutbehandlung mit verbesserten systemischen Insektiziden erforderlich, um den Einfluss der Trockenheit auf die Besiedlung zu mindern. Ein gutes Anbaumanagement kann helfen, die Pflanzen widerstandsfähiger gegen die Schaderregerattacken zu machen, indem die direkten Wirkungen des Trockenstresses auf die Pflanzen minimiert werden. Trockenheit beeinflusst nicht nur den Schaderregerbefall, sondern erhöht auch dessen Effekt auf Kulturpflanzen (POPOV et al., 2006).

Hitzewellensimulationen mit Temperaturen von 30°C, 34°C oder 38°C für jeweils 3 h und über eine Dauer von 1, 3 oder 5 Tagen zeigte, dass die Überlebensrate der Mehliges Kohlblattlaus in einer Petrischalenarena bei 38°C drastisch gemindert war, bei 30°C und 34°C im Vergleich zu bei 20°C gehaltenen Individuen aber unbeeinflusst war (WACHIRA et al., 2012). Die Entwicklungszeit vom L1 Stadium bis zur adulten Blattlaus war bei allen Hitzevarianten und unabhängig von der Dauer der Hitzewelle unbeeinträchtigt. Es wurde sogar die Tendenz zu einer rascheren Entwicklung ermittelt. Individuen, die einer eintägigen Hitzewelle ausgesetzt waren, lebten länger als Individuen, bei denen dies für drei oder fünf Tage erfolgte. Die Fruchtbarkeit war jedoch reduziert, insbesondere bei 38°C (WACHIRA et al., 2012). Die Individuen,

die überlebten, lebten aber länger. Ergebnisse dieser Untersuchungen müssten noch für an Pflanzen lebende Kohlblattläuse überprüft werden.

Trockenheit/Dürre, Starkregen, Überflutung und Schadpilze an Raps. Die beiden ermittelten Arbeiten beschäftigten sich mit den Schadpilzen

- Hals- und Stängelnekrose des Rapses *Leptosphaeria maculans* (DESMAZIÈRES CESATI und DE NOTARIS, synonym: *Plenodomus lingam*) (TODE) von HÖHNEL) (PELUOLA et al., 2013),
- Stängelkrebs des Rapses *Leptosphaeria biglobosa* (Shoemaker und Brun), synonym: *Plenodomus biglobosus* ((Shoemaker und Brun) Gruyter, Aveskamp und Verkley)) (PELUOLA et al., 2013).
- sowie mit *Coniothyrium minitans* (Campbell), synonym: *Paraconiothyrium minitans* ((Campbell) Verkley) (YANG et al., 2007).

C. minitans ist ein Mykoparasit, der im biologischen Pflanzenschutz angewendet wird. In Deutschland steht *C. minitans* auf der Liste der zugelassenen Pflanzenschutzmittel für den ökologischen Landbau und wird gegen *Sclerotinia sclerotiorum* an Winterraps eingesetzt, nicht jedoch gegen *Leptosphaeria*-Arten. Die Überlebensrate von *Coniothyrium minitans* in den Blütenständen des Rapses reduzierte sich bereits bei leichtem Regen, mehr noch bei Starkregen. Vermutlich wird das Inokulum abgewaschen (YANG et al., 2007).

Bereits eine zweiwöchige Überflutung reduzierte beide *Leptosphaeria*-Arten im Vergleich zu ungefluteten Kontrollen grundlegend und nach sechs Wochen Überflutung war das Pathogen an den Rapsstoppeln nicht mehr nachweisbar, bei allen Temperaturregimes. Die Pathogenreduktion war bei Überflutungen und Temperaturen von mehr als 20°C größer als bei 12–16°C. Es gab zwischen *Leptosphaeria maculans* und *Leptosphaeria biglobosa* keinen Unterschied hinsichtlich ihrer Fähigkeit, das Überfluten zu überleben. Die reduzierende Wirkung erfolgt über die rasche Stängelzersetzung infolge der Überflutung, die Aggressivität der Erreger wurde hingegen nicht gemindert (PELUOLA et al., 2013).

Diskussion

Für die recherchierten Kulturen Kartoffel, Zuckerrübe und Raps sowie ausgewählte Pflanzen des Grünlandes konnten 33 der gefundenen Arbeiten für die weitere vertiefende Auswertung verwendet werden.

Im Vergleich zu den dargestellten Informationen für Schaderreger des Getreides unter Einfluss von Extrema (SEIDEL, 2016b) lagen für die recherchierten Blattfrüchte und Grünlandkulturen Informationen zu mehr Schaderregergruppen vor: Zwar beziehen sich ca. 81 Prozent der Arbeiten auf die Beeinflussung der Schaderregergruppe der phytopathogenen Pilze durch Extremwetterereignisse und ca. 21 Prozent entfallen auf Insekten, bis auf

die Gruppe der Viren sind aber fast alle anderen Gruppen ebenfalls vertreten: 12 Arbeiten (36%) entfallen auf Bakterien, 4 Arbeiten (12%) entfallen auf Unkräuter, 3 Arbeiten (9%) entfallen auf Säugetiere, 2 Arbeiten (6%) entfallen auf Nematoden und eine Arbeit (3%) entfällt auf Schnecken. Anmerkung: Die Summen überschreiten die Gesamtzahl der Arbeiten bzw. 100%, da in einigen Arbeiten mehrere Schaderregergruppen besprochen wurden.

Pilzkrankheiten spielen bei Kartoffeln, Zuckerrüben und Raps eine große Rolle, Schadinsekten bei Raps und Kartoffeln und vermutlich deshalb wurden die Einflüsse von Extremwetterereignissen auf die genannten Blattfrüchte auch verstärkt für diese Schaderregergruppen untersucht. Gleichfalls von Bedeutung sind unter gegenwärtigen Klimabedingungen bei Kartoffeln und Rüben Viren. Arbeiten zum Einfluss von Extremwetterereignissen auf Viren an Kartoffeln oder Zuckerrüben wurden jedoch nicht gefunden. Untersucht wurden dagegen die befallsfördernden Auswirkungen von Hitze, Trockenheit/Dürre auf Blattläuse an Kartoffeln. Neben ihrer unmittelbaren Schadwirkung durch Saugtätigkeit an den Kulturpflanzen, können sie Viren übertragen sowie Eintrittspforten für einen nachfolgenden Befall mit Krankheiten schaffen. Säugetiere, hier verschiedene Mäusearten, Nematoden, Schnecken und Unkräuter sind im Grünland und in Kartoffelbeständen von Bedeutung und die Auswirkungen von Extrema wurden auch in einigen, jedoch erst wenigen, Arbeiten untersucht. In Raps können Unkräuter bereits unter den gegenwärtigen Klimaverhältnissen gleichfalls von Bedeutung sein und es wird auch eine Beeinflussung der Bedeutung einzelner Unkrautarten als Folge des Klimawandels erwartet (l.c. in BEESE und ASPELMEIER, 2014). Konkrete Untersuchungsergebnisse zur Wirkung von Extrema auf Unkräuter konnten jedoch nicht gefunden werden.

In größerem Umfang als bei Getreide (SEIDEL, 2016b) wurde für die hier dargestellten Blattfrüchte, insbesondere die Kartoffel, auch über die Beeinflussung von Maßnahmen des Pflanzenschutzes, sowohl hinsichtlich der Wirksamkeit als auch der Durchführbarkeit, berichtet. Ursächlich hierfür ist sicherlich in hohem Maße die Einbeziehung von Daten aus Praxiserhebungen bzw. -beobachtungen, die u.a. in den Versuchsberichten der Länder dokumentiert werden und in der sogenannten „Grauen Literatur“ publiziert werden. Derartige Daten aus der Praxis sind außerordentlich wichtig für die Abschätzung von Risiken durch den Klimawandel im Allgemeinen, aber mehr noch für das Wirken von häufig sehr kleinräumig auftretenden Extrema. Zwar sind auf diese Art und Weise nur Betrachtungen in der Retrospektive und keine Prognosen möglich. Da aber bei den Bundesländern häufig sowohl Witterungs- als auch Befallsdaten regionalisiert vorliegen und teilweise auch dazugehörige Ertragsdaten und Informationen zu Pflanzenschutzmaßnahmen könnte dieser vorhandene Datenpool nicht nur helfen, die noch vorhandenen großen Wissenslücken zu schließen, sondern auch Grundlage für die Ableitung funktionaler Zusammenhänge bilden und zu einer besseren Risikoabschätzung führen. Weiterhin könnte auf

dieser Basis eine Abschätzung der Notwendigkeit von Anpassungsmaßnahmen vorgenommen werden (SEIDEL, 2016a).

Hinsichtlich der Art der untersuchten Extrema lag der Forschungs- bzw. Berichtschwerpunkt bei den Einflüssen von **Trockenheit bzw. Dürre** (ca. 61%) sowie **Hitze** (ca. 58%), häufig in Kombination auftretend und untersucht. Es folgten **Überflutungen** (ca. 33% der Arbeiten) in Verbindung mit **Starkregen**-Ereignissen (ca. 30% der Arbeiten) und **Staubnässe** (ca. 30% der Arbeiten). Zum Einfluss von **Hagel, Starkfrost und Strahlung** gab es je eine Arbeit. (Anmerkung: Die Summen sind größer als die Gesamtzahl der Arbeiten bzw. 100%, da in einigen Arbeiten mehrere Extremwetterereignisse besprochen wurden.)

Weltweit treten **Trockenheit, Dürre und Hitze** schon gegenwärtig mit gravierenden Folgen für die landwirtschaftliche Produktion auf und sie werden im Zuge des Klimawandels an Bedeutung zunehmen (IPCC, 2013). Auch für Deutschland wird eine Zunahme dieser Extremwetterereignisse erwartet. Die Anzahl der Tage mit einem Bodenwassergehalt von unter 50% der nutzbaren Feldkapazität im Wurzelraum bis 60 cm hat bereits seit 1961 in den Monaten Juni, Juli, August zugenommen und wird weiterhin steigen, wie Projektionen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) zeigten (GÖMANN et al., 2015). Insbesondere im April war in Deutschland in den letzten 15 Jahren eine Zunahme der **Frühjahrs-trockenheit** zu verzeichnen. Das kann dazu führen, dass in Abhängigkeit von gefallenem Winterniederschlag, die Nährstoffverfügbarkeit aus Düngern beeinträchtigt sein kann (GÖMANN et al., 2015). Zugenommen hat in der Vergangenheit in Deutschland ebenso die Anzahl der **Hitzetage** mit Temperaturen von über 30°C. Dieser Trend hält Projektionen zufolge an. Die Anzahl der Hitzetage im Juni bzw. Juli soll Ende des 21. Jahrhunderts (Referenzperiode 1961 bis 1990) drei- bis vierfach erhöht sein und im Mai könnten Hitzetage dann sogar 12 mal so häufig auftreten (GÖMANN et al., 2015). Für Kartoffeln ist in der Zeit vom Auflaufen bis zur Blüte (Anfang April bis Ende Mai) ein Bodenwassergehalt von unter 40% der nutzbaren Feldkapazität in 10 cm Tiefe kritisch (=Trockenheit) und Niederschläge von unter 250 mm (=Dürre) im Zeitraum Juni, Juli und August sind es ebenso. Bei Temperaturen von über 30°C (=Hitze) ab der Blüte im Zeitraum von Anfang Juni bis Ende August stellen die Kartoffelknollen das Wachstum ein, Temperaturen von über 40°C führen zum Hitzetod (GÖMANN et al., 2015). Die hier ausgewerteten Arbeiten zeigen, dass der Befall der Kartoffeln mit *Alternaria*-Arten, *Colletotrichum coccodes*, *Streptomyces scabiei*, Erdraupen und Blattläusen gefördert wird und ein Befall mit *Rhizoctonia crocorum* auftreten kann. Feldmauspopulationen profitieren gleichfalls von den genannten Bedingungen. Hitze führte zu einer mangelnden Wirkung systemischer Insektizide in Kartoffeln. Ausbleibende Niederschläge (=Trockenheit) im Mai bewirken bei Zuckerrübe, dass mit Düngern ausgebrachte Nährstoffe nicht zu den Pflanzen gelangen können. Liegt die nutzbare Feldkapazität im März/April in 10 cm Tiefe unter 50% (=Dürre), ist die Keimung beeinträchtigt (GÖMANN et al.,

2015). Der Wasserbedarf des Zuckerrübenbestandes steigt nach dem Reihenschluss deutlich an. Liegen die Niederschläge im Juni bis September unter 80 mm pro Monat ist mit Dürreschäden zu rechnen (GÖMANN et al., 2015). Aussagen zu kritischen Temperaturwerten für Hitze standen für Zuckerrüben nicht zur Verfügung. Dauerwelke, Absterben von Assimilationsfläche und damit Minderung des physiologischen Leistungsvermögens sowie ein Entwicklungsstillstand der Zuckerrübenpflanze sind als Folge hoher Temperaturen aber bekannt (GÖMANN et al., 2015). Bei Winterraps führen im Zeitraum von Mitte Februar bis Ende Mais ausbleibende Niederschläge dazu, dass in den Düngern enthaltene Nährstoffe nicht zur Pflanze gelangen. Liegt die nutzbare Feldkapazität im Zeitraum April bis Juni in 60 cm Tiefe unter 50%, kann die Raps-pflanze nicht mehr ausreichend mit Wasser und Nährstoffen versorgt werden. Trockenheits- und Dürreschäden sind feststellbar. Trockenheit scheint die Entwicklung des Raps-schädling Blauer Mauszahn-rüssler zu hemmen, die Mehligel Kohlblattlaus hingegen zu begünstigen. Temperaturen von über 30°C im Monat Mai verursachen Dauerwelke sowie ein Absterben von Assimilationsfläche und damit eine Minderung des physiologischen Leistungsvermögens der Raps-pflanze. Hitzewellen scheinen in Abhängigkeit von ihrer Dauer ebenfalls die Mehligel Kohlblattlaus zu beeinflussen, möglicherweise können überlebende Läuse länger leben.

Durch große Schwankungen sind Klimaprojektionen für das Auftreten von **Starkregen** (Tage mit mehr als 20 mm, keine Angaben zur Intensität, etwa pro Zeiteinheit) und **Dauerregen** (mehr als 5 mm pro Tag) gekennzeichnet. So werden mögliche Ausschläge in beide Richtungen gezeigt. Dauerregen wird wahrscheinlich flächendeckend abnehmen und Starkregenereignisse sollen insbesondere in den Wintermonaten zunehmen (GÖMANN et al., 2015).

Im April und Mai eines Jahres können Starkregenereignisse mit Niederschlägen von mehr als 20 mm innerhalb von sechs Stunden zu einem Abspülen der Kartoffeldämme und Freilegen der Kartoffelknollen führen (GÖMANN et al., 2015). Dauerregenfälle mit Niederschlagsmengen von mehr als 20 mm pro Tag können im gesamten Zeitraum von Anfang April bis Ende Oktober Staubnässe auf dem Kartoffelschlag zur Folge haben (GÖMANN et al., 2015). Im September führen häufigere Niederschläge von mehr als 5 mm dazu, dass die Flächen nicht befahrbar und so gegebenenfalls nicht beerntbar sind (GÖMANN et al., 2015). Staubnässe, also eine nutzbare Feldkapazität von mehr als 100% in 60 cm Tiefe, bedeutet im gesamten Zeitraum von April bis Oktober, dass die Pflanzen unter Sauerstoffmangel leiden. Eine Befahrbarkeit der Schläge ist dann ebenfalls nicht gegeben und damit je nach konkretem Zeitpunkt des Auftretens von Staubnässe sind Düngungs-, Pflanzenschutz- oder Pflegemaßnahmen bzw. die Ernte der Kartoffeln nicht möglich (GÖMANN et al., 2015). Die weiter oben vorgestellten Beobachtungen in der Praxis zeigen, dass *Phytophthora infestans* durch Stark- und Dauerregen und Staubnässe gefördert wird, und eine Bekämpfung dieser wirtschaft-

lich bedeutenden Pilzkrankheit der Kartoffel teilweise wegen Nichtbefahrbarkeit der Flächen unterbleiben muss. Bakterielle Krankheiten, verursacht durch *Dickeya* und *Pectobacterium* sp., freilebende Nematoden und Schnecken werden unter diesen Bedingungen ebenso gefördert. Stark- und Dauerregen führen zu phytotoxischen Nebenwirkungen von Herbiziden.

Bei Winterraps verursachen Starkregenereignisse von mehr als 20 mm im Zeitraum von Mitte Mai bis Anfang August insbesondere in Kombination mit Sturm zum Lagern des Bestandes oder kurz vor der Ernte ein Aufbrechen der Schoten (GÖMANN et al., 2015). Dauerregenereignisse mit mehr als 20 mm Niederschlag/Tag können zu allen Entwicklungsstadien der Rapspflanze zu Stau-nässe und einem Auswaschen von Nährstoffen, vor allem von Schwefel, führen. Zur Ernte bewirken wiederholte Niederschläge von mehr als 5 mm pro Tag dazu, dass die Feuchte der Schoten so hoch ist, dass nicht gedroschen, also geerntet werden kann (GÖMANN et al., 2015). Stau-nässe mit einer nutzbaren Feldkapazität von mehr als 100% in 60 cm Tiefe von Mitte August (Aussaat) bis Ende April bedeutet für die Pflanzen Sauerstoffmangel und von Mitte September bis Mitte März eine Nichtdurchführbarkeit von Düngungs-, Pflanzenschutzmaßnahmen bzw. Ernte infolge einer Nichtbefahrbarkeit der Flächen (GÖMANN et al., 2015).

Spätfrost (April/Mai) verursacht bei Zuckerrüben schon bei Mindesttemperaturen unter -5°C eine Schädigung der Pflanzen. Frühfrost im Oktober und November, also vor der Ernte, reduziert den Zuckergehalt (GÖMANN et al., 2015). Die Anzahl an Frosttagen nach dem 1. Februar wird voraussichtlich nach Klimaprojektionen, die jedoch große Schwankungsbreiten aufweisen, im Vergleich zur Referenzperiode 1981 bis 2010 abnehmen (GÖMANN et al., 2015). Spätfroste im April und Mai werden voraussichtlich seltener auftreten (GÖMANN et al., 2015). Frühfroste werden für den Zeitraum von 2011 bis 2040 im Vergleich zur Referenzperiode voraussichtlich ebenfalls seltener sein (GÖMANN et al., 2015).

Projektionen zum Auftreten **strahlungsreicher Tage mit einer Globalstrahlung von mehr als 2500 J/(m²d)** ergeben Aussagen mit großer Schwankungsbreite: Bis zum Ende des 21. Jahrhunderts wird eine Abnahme am stärksten in den Küstenregionen von 2 bis 6 Tagen in den Monaten April bis Juni und eine Zunahme von bis zu 6 Tagen, am stärksten im Süden Deutschlands im Vergleich zur Referenzperiode (GÖMANN et al., 2015) für wahrscheinlich gehalten. Kartoffeln zeigen an strahlungsreichen Tagen mit einer Globalstrahlung von mehr als 2500 J/(m²d) (GÖMANN et al., 2015) im Mai und Juni Verbrennungen der Blätter, was eine Reduzierung der Fotosyntheseleistung bedeutet. Strahlungsschäden an den Blättern begünstigen wiederum die Besiedlung mit *Botrytis cinerea* (BENKER, 2015).

Hagel von Mai bis September eines Jahres verletzt die oberirdischen Teile der Kartoffelpflanze, führt zum Abbrechen von Pflanzenteilen und auch zum irreversiblen Umlegen der Pflanzen (GÖMANN et al., 2015). Hagel kann derzeit von regionalen Klimamodellen nicht abge-

bildet werden und damit sind Projektionen zur Häufigkeit oder Intensität nicht möglich (MOHR, 2013; GÖMANN et al., 2015).

Grünland ist durch das Vorhandensein mehrerer Pflanzenarten gekennzeichnet, die unterschiedlich auf Extrema reagieren. Daher erfolgt hier keine Darstellung der Wirkung von Extrema auf die Kulturpflanzen des Grünlandes selbst, sondern nur, soweit Informationen vorlagen, zu den Wirkungen auf Schaderreger. Unkräuter sind wichtige Schaderreger im Grünland, ebenso Insekten und Feldmäuse. Widersprüchliche Ergebnisse zur Wirkung von Dürre/Trockenheit und Hitze auf Unkräuter bzw. ihre Konkurrenzfähigkeit lassen noch keine Verallgemeinerung zu, Überflutungen scheinen auf Schnakenarten und Mäusearten eher negativ zu wirken.

Obwohl in den hier verwerteten 33 Arbeiten einige Informationen zur direkten oder indirekten Beeinflussung von Schaderregern an Kartoffeln, Zuckerrüben, Raps und Grünland beschrieben wurden, liefern diese im Ergebnis nur punktuelle Informationen über mögliche Einflüsse von Extremwetterereignissen auf die Schaderreger dieser Kulturen. Ein weitgehend vollständiges Bild über die zwischen den einzelnen Extrema, Schaderregern, Pflanze, Kulturmaßnahmen und Pflanzenschutzmaßnahmen möglichen Wechselwirkungen, oder welche Einzelwirkungen sich verändern, vielleicht sogar gegenseitig aufheben, kann auf der Grundlage dieser insgesamt eher lückenhaften Datenlage nicht gezeichnet werden. Belastbare Schlussfolgerungen zu Risiken, Auswirkungen und Anpassungsmaßnahmen sowie für den Pflanzenschutz allgemein können nicht abgeleitet werden. Die gefundenen Hinweise zeigen aber, dass Extremwetterereignisse direkt Schaderreger oder indirekt beeinflussen können und signalisieren einen erheblichen Forschungsbedarf.

Literatur

- ANONYM, 2009: Blattkrankheiten Grundlagen. <http://www.liz-online.de>, hier <Themen/Pflanzenschutz> wählen, Stand: 17.03.2009.
- BALLMER, T., T. HEBEISEN, R. WÜTHRICH, F. GUT, 2012: Potential der Tröpfchenbewässerung im Kartoffelbau bei veränderten Klimabedingungen. *Agrarforschung Schweiz* 3 (5), 244-251.
- BEESE, F., S. ASPELMEIER, 2014: Abschlussbericht KLIF - Klimafolgenforschung in Niedersachsen 2009-2003. Georg-August Universität Göttingen. Download unter: <http://www.kliff-niedersachsen.de/vweb5-test.gwdg.de/wp-content/uploads/2009/05/Abschlussbericht-KLIF-mit-Einband1.pdf> (Abfragedatum: 26.05.2016).
- BENKER, M., 2013: Pflanzenschutz-Rückblick 2013. *Westdeutschland. Kartoffelbau* 64 (12), 14-18.
- BENKER, M., 2014: Pflanzenschutz-Rückblick 2014. *Westdeutschland. Kartoffelbau* 65 (12), 14-17.
- BENKER, M., 2015: Pflanzenschutz-Rückblick 2015. *Westdeutschland. Kartoffelbau* 66 (12), 14-17.
- BURGESS A.J., 1994: Cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae* L.) 'performance' on oilseed rape (*Brassica napus* L.) experiencing water deficiency: Roles of temperature and food quality. *Acta Horticulturae* 407: ISHS Symposium - IX Crucifer Genetics Workshop. ISHS 1996, 499-505.
- GILGEN, A.K., U. FELLER, 2013: Drought Stress alters Solute Allocation in Broadleaf Dock (*Rumex obtusifolius*). *Weed Science* 61 (1), 104-108.
- GILGEN, A.K., C. SIGNARBIEX, U. FELLER, N. BUCHMANN, 2010: Competitive advantage of *Rumex obtusifolius* L. might increase in inten-

- sively managed temperate grasslands under drier climate Agriculture. *Ecosystems & Environment* **135** (1-2), 15-23.
- GÖMANN, H., A. BENDER, A. BOLTE, W. DIRKSMAYER, H. ENGLERT, J.-H. FEIL, C. FRÜHAUF, M. HAUSCHILD, S. KRENGEL, H. LILIENTHAL, F.-J. LÖPMEIER, J. MÜLLER, O. MUSSHOFF, M. NATKHIN, F. OFFERMANN, P. SEIDEL, M. SCHMIDT, B. SEINTSCH, J. STEIDL, K. STROHM, Y. ZIMMER, 2015: Agrarrelevante Extremwetterlagen und Möglichkeiten des Risikomanagements. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMEL), Abschlussbericht: Stand: 03.06.2015. Braunschweig, Thünen Report **30**, 312 S.
- HEUPEL, M., 2003: Späte Rübenfäule durch *Rhizoctonia solani* AG 2-2 IIIB – Ein Rückblick. *Phytopathologie* **33** (3), 57.
- IPCC, 2012: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Serial Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [FIELD, C. B., V. BARROS, T. F. STOCKER, D. QIN, D. J. DOKKEEN, K. L. EBI, M. D. MASTRANDREA, K. J. MACJ, G. K. PLATTNER, S. K. ALLEN, M. TIGNOR, P. M. MIDGLEY PM (eds.)]. Cambridge, UK, and New York, NY, USA, Cambridge University Press, 528 S.
- JACOB, J., 2003: The response of small mammal populations to flooding. *Mammalian Biology* **68** (2), 102-111.
- KENTER, C., C. HOFFMANN, B. MÄRLÄNDER, 2006: Sugarbeet as raw material – advanced storage management to gain good processing quality. *Zuckerindustrie* **131** (10), 706-720.
- LERIN, J., K. KOUBAITI, 1997: Modelling winter oilseed rape plant infestation by *Baris coerulescens* (Coleoptera: Curculionidae). *Environmental Entomology* **26** (5), 1031-1039.
- LUMB, V.M., M.C.M. PÉROMBELON, D. ZUTRA, 1986: Studies of a wilt disease of the potato plant in Israel caused by *Erwinia chrysanthemi*. *Plant Pathology* **35**, 196-202.
- MAHMOUDI, S.B., S. GHASHGHAEI, 2013: Reaction of sugar beet S1 lines and cultivars to different isolates of *Macrophomina phaseolina* and *Rhizoctonia solani* AG-2-2IIIB. *Euphytica* **190** (3), 439-445.
- MARTINKOVA, Z., A. HONEK, S. PEKAR, J. STROBACH, 2009: Weather and survival of broadleaved dock (*Rumex obtusifolius* L.) in an unmanaged grassland. *Journal of Plant Diseases and Protection* **116** (5), 214-217.
- MERZ, U., R. SCHWARZEL, A. KEISER, 2009: Der Pulverschorf der Kartoffel. *Kartoffelbau* **60** (8), 1-6.
- MOHR, S., 2013: Änderung des Gewitter- und Hagelpotentials im Klimawandel. Dissertation Karlsruher Institut für Technologie (KIT) In: KOTTMEIER, C. (Hrsg.), Wissenschaftliche Berichte des Instituts für Meteorologie und Klimaforschung des Karlsruher Instituts für Technologie Band 58, Dissertation, Karlsruhe, KIT Scientific Publishing, 243 S.
- NECHWATAL, J., S. WAGNER, M. ZELLNER, 2013: Pflanzenschutz-Rückblick 2013. Süddeutschland. *Kartoffelbau* **64** (12), 8-13.
- NECHWATAL, J., S. WAGNER, M. ZELLNER, 2014: Pflanzenschutz-Rückblick 2014. Süddeutschland. *Kartoffelbau* **65** (12), 8-13.
- OSMERS, K., H. BRUNS, 2015: Pflanzenschutz-Rückblick 2015. Norddeutschland. *Kartoffelbau* **66** (12), 18-21.
- PELUOLA, C., W.G.D. FERNANDO, C. HUVENAARS, C. KUTCHER, R. LAHLALI, G. PENG, 2013: Effect of flooding on the survival of *Leptosphaeria* spp. in canola stubble. *Plant Pathology* **62**, 1350-1356.
- POPOV, C., E. TROTUS, S. VASILESCU, A. BĂRBULESCU, L. RASNOVEANU, 2006: Drought effect on pest attack in field crops. *Romanian Agricultural Research* **23**, 43-51.
- POSTMA, J., M.T. SCHILDER, L.H. STEVENS, 2014: The potential of organic amendments to enhance soil suppressiveness against *Rhizoctonia solani* disease in different soils and crops. *Acta Horticulturae* **1044**, 127-132.
- RICHERZHAGEN, D., P. RACCA, C. KUHN, B. KLEINHENZ, B. HAU, 2012: Einfluss des Klimawandels auf die Blattentwicklung und das Erstauftreten von *Cercospora*-Blattflecken (*Cercospora beticola*) an Zuckerrüben in Niedersachsen. Deutsche Pflanzenschutztagung, 10.-14. September 2012, Braunschweig. *Julius-Kühn-Archiv* **438**, 436-437.
- RICHERZHAGEN, D., P. RACCA, B. KLEINHENZ, 2013: Künftig nicht mehr Mehltau. *DLG-Mitteilungen* **4**, 70-71.
- ROUFFIANGE, J., D. GERARDIN, I. KELLENBERGER, S. SCHAERER, B. DUPUIS, 2013: Empfindlichkeit der Kartoffel gegenüber der durch *Dickeya* spp. verursachten Stängelfäule. *Agrarforschung Schweiz* **4** (10), 424-431.
- SEIDEL, P., 2014: Extreme Weather and influences on Plant Pests: Extreme Knowledge Gap. Wheat, barley, maize, rape, potato, beet, field forage crops and grassland. *Gesunde Pflanzen* **66** (3), 83-92.
- SEIDEL, P., 2016a: Auswirkungen von Extremwetterereignissen auf Schaderreger, ihre Schadwirkung und Pflanzenschutzmaßnahmen – erste Hinweise. *Journal für Kulturpflanzen* **68** (9), 253-269. DOI: 10.5073/JfK.2016.09.02.
- SEIDEL, P., 2016b: Extremwetterereignisse und ihre Auswirkungen auf Schaderreger in Weizen, Gerste und Mais. *Journal für Kulturpflanzen* **68** (11), 313-327. DOI: 10.5073/JfK.2016.11.01.
- STATISTISCHES BUNDESAMT, 2015: Statistisches Jahrbuch 2015. Kapitel 19 Land- und Forstwirtschaft, https://www.destatis.de/DE/Publikationen/StatistischesJahrbuch/LandForstwirtschaft.pdf;jsessionid=D8D3724102473D6BD188A7E3B8BFE00D.cae2?__blob=publicationFile. (Abfragedatum: 24.05.2016).
- STEUERWALD, M., 2009: Rhizoctonia: Die Gefahr lauert im Untergrund. *top agrar* **5**, 48-49.
- TOTH, I., J.M. VAN DER WOLF, G. SADDLER, E. LOJKOWSKA, V. HE'LIAS, M. PIIRHONEN, L. TSROR, J.G. ELPHINSTONE, 2011: *Dickeya* species: an emerging problem for potato production in Europe. *Plant Pathology* **60**, 385-399.
- TSROR, L., O. ERLICH, S. LEBIUSH, U. ZIG, J.J. VAN DE HAAR, 2006: Recent outbreak of *Erwinia chrysanthemi* in Israel – epidemiology and monitoring in seed tubers. In: ELPHINSTONE, J. G., WELLER, S., THWAITES, R., PARKINSON, N., STEAD, D.E., SADDLER, G., eds. Edinburgh, Scotland, Proceedings of the 11th International Conference on Plant Pathogenic Bacteria, 10-14 July 2006, 70.
- VERLINDEN, M., A. VAN KERKHOVE, I. NLS, 2013: Effects of experimental climate warming and associated soil drought on the competition between three highly invasive West European alien plant species and native counterparts. *Plant Ecology* **214** (2), 243-254.
- WACHIRA, R.J., R. MEYHÖFER, H.-M. POEHLING, 2012: Effects of magnitude and frequency of heat waves on the population dynamics of cabbage aphid *Brevicoryne brassicae*. *Julius-Kühn-Archiv* **438**, 496.
- WOLLECKE, J., G. ISPAS, B. BOLSCHER, 1996: Microhabitat requirements and effects of flooding on populations of coexisting crane fly species (Tipula, Diptera, Nematocera) in a fen meadow. *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie* (ed. PFADENHAUER, J.) Band **26**, 591-595.
- YANG, L., H.J. MIAO, G.Q. LI, L.M. YIN, H.C. HUANG, 2007: Survival of the mycoparasite *Coniothyrium minitans* on flower petals of oilseed rape under field conditions in central China. *Biological Control* **40** (2), 179-186.
- ZELLNER, M., S. WAGNER, 2015: Pflanzenschutz-Rückblick 2015. Süddeutschland. *Kartoffelbau* **66** (12), 8-13.