

DER KLIMAWANDEL

ZUKÜNFTIGE AUSWIRKUNGEN AUF DIE ENTSCHEIDUNGSHILFEN



Die durchschnittliche Jahrestemperatur in Deutschland könnte sich bis zum Ende des 21. Jahrhunderts um etwa 1,2 bis 4,8 °C erhöhen (Jacob et al. 2017). Die meisten Niederschläge werden voraussichtlich in den Wintermonaten fallen, während in der Vegetationsperiode relativ oft Hitze- und Trockenperioden auftreten könnten (Abb. 43). Dieses Klimaszenario ist jetzt

schon spürbar, wobei es starke Nord-Süd und West-Ost Unterschiede im Wettergeschehen geben kann (nicht dargestellt). Beispielsweise gab es im Frühjahr 2022 vermehrt Starkniederschlagsereignisse im Voralpenland, während gleichzeitig regional begrenzte Trockenperioden in Nord- und Ostdeutschland auftraten. Die zukünftige Arbeit der ZEPP wird aufgrund dieser regional vari-

Kapitel 14

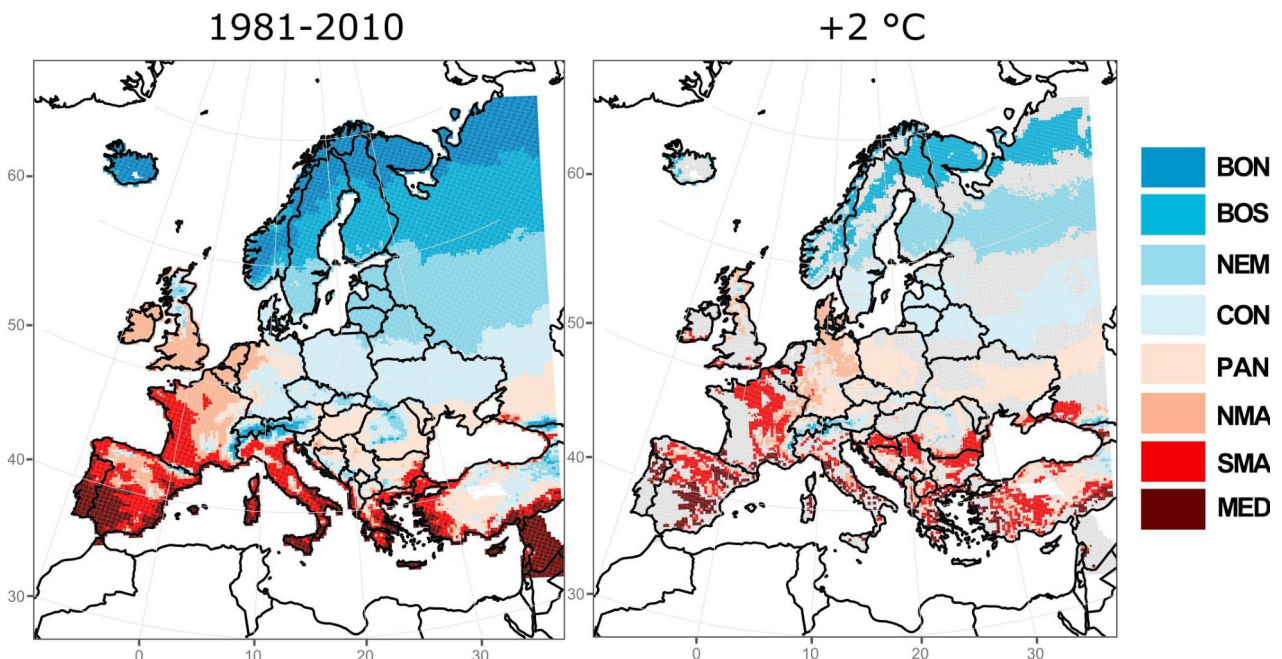


Abb. 43: Verschiebung der Agro-Klimazonen in Europa (Szenario: +2°C, Jahr 2050, Emissionsszenario RCP8.5, 'worst-case'). Zunahme von PAN: pannonisches Klima und NMA: nord-maritimes Klima. Quelle: Ceglar et al. (2019).

ablen Wetterbedingungen vor Herausforderungen gestellt werden. Die Prognosegenauigkeit von 'One-size-fits-all'-Ansätzen könnte in Zukunft nicht immer und überall ausreichend hoch sein.

Der zuvor dargestellte projizierte Klimawandel in Deutschland, vor allem die Erwärmung, wird vermutlich vielfältige Aus-

wirkungen auf Pflanzenpathogene (Bakterien, Nematoden, Pilze, Viren) sowie Schadinsekten haben (IPPC Secretariat 2021). Unter ihnen wird es 'Verlierer' und 'Gewinner' geben (Tab. 3), was davon abhängig ist welchen Toleranzbereich gegenüber Temperatur und Feuchtigkeit die jeweiligen Arten aufweisen (Krengel-Horney et al. 2021; Richerzhagen

Tab. 3: Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf das Krankheitsrisiko im Ackerbau in Deutschland (Beispiele)

Kulturpflanze	Pathogen bzw. Krankheit	zukünftiges Risiko	Referenz
Wintergerste	Barley Yellow Dwarf Virus,	beide zunehmend	Habekuß et al. 2009
	Wheat Dwarf Virus		
Ackerbohne, Erbse, Linse	Pea Necrotic Yellow Dwarf Virus	zunehmend	Ziebell 2017
Kartoffel	<i>Alternaria</i> -Blattflecken,	zunehmend,	Volk et al. 2010
	Kraut- und Knollenfäule	gleichbleibend	
Winterweizen	<i>Septoria</i> -Blattflecken, DTR	beide zunehmend,	Volk et al. 2010 (Septoria-Blattflecken, NRW)
	Echter Mehltau	abnehmend	Racca et al. 2012 (DTR u. Mehltau, Niedersachsen)
Zuckerrübe	<i>Cercospora</i> -Blattflecken	zunehmend	Volk et al. 2010 (NRW), Richerzhagen et al. 2011 (Niedersachsen), Kremer et al. 2016 (RLP und Südhessen)
Zuckerrübe	Rübenzysten-nematoden	zunehmend	Vanden Bossche et al. 2015

gen et al. 2013a, 2013b). Die Anpassungsfähigkeit der jeweiligen Schaderregerarten an sich ändernde Klima- und Anbaubedingungen wird, neben der Entwicklung der natürlichen Kontrollfunktionen von Antagonisten (bspw. Prädatoren oder Parasitoide), ebenfalls ausschlaggebend sein (IPPC Secretariat 2021). Die Pflanzenschutzprobleme im Ackerbau werden mittelfristig (2021-2050) und langfristig (2071-2100) beispielsweise in Nordrhein-Westfalen (Volk et al. 2010), Hessen und Rheinland-Pfalz (Kremer et al. 2016) sowie Niedersachsen (Racca et al. 2012; Richerzhagen et al. 2011) generell zunehmen (Tab. 3). Allerdings sind alle Risikovorhersagen mit einer gewissen Unsicherheit behaftet und sollten deshalb stets kritisch hinterfragt werden.

Die ZEPP hat bereits zwei Projekte im Bereich der Klimawandelfolgenforschung durchgeführt (SIMKLIMA, 'Klimawandelfolgenforschung in Deutschland', 2018-2022; sowie KLIFF, 'Klimawandelfolgenforschung in Niedersachsen', 2009-2013). In diesen beiden Projekten waren die Schwerpunkte Pflanzenkrankheiten sowie Kultur-

pflanzenentwicklung im Ackerbau. Diese Projekte wurden mit Hilfe verschiedener ZEPP-Modelle verwirklicht, die jeweils von Klimaszenarien (Temperatur, Niederschlag, Luftfeuchte) angetrieben wurden. Simulationen bis zum Jahr 2100 zeigten, dass die projizierte Temperaturerhöhung in Deutschland dazu führen könnte, dass viele biologische Prozesse schneller ablaufen werden als heutzutage. Dadurch könnten sich einerseits Kulturpflanzen schneller entwickeln (Racca et al. 2015) und andererseits Pflanzenkrankheiten früher auftreten (Richerzhagen 2013). Beispielsweise zeigten Simulationen von Richerzhagen et al. (2011) mit dem ZEPP-Krankheitsmodell CERCBET1, dass Cercospora-Blattflecken in Zuckerrübe in Niedersachsen bis zum Jahr 2100 zunehmend früher auftreten könnten (Abb. 44).

Ein zunehmend früheres Auftreten von Cercospora-Blattflecken in Zuckerrübe wurde ebenfalls für Hessen und Rheinland-Pfalz (nicht dargestellt) mit dem ZEPP-Krankheitsmodell CERCBET1 bis zum Jahr 2100 simuliert

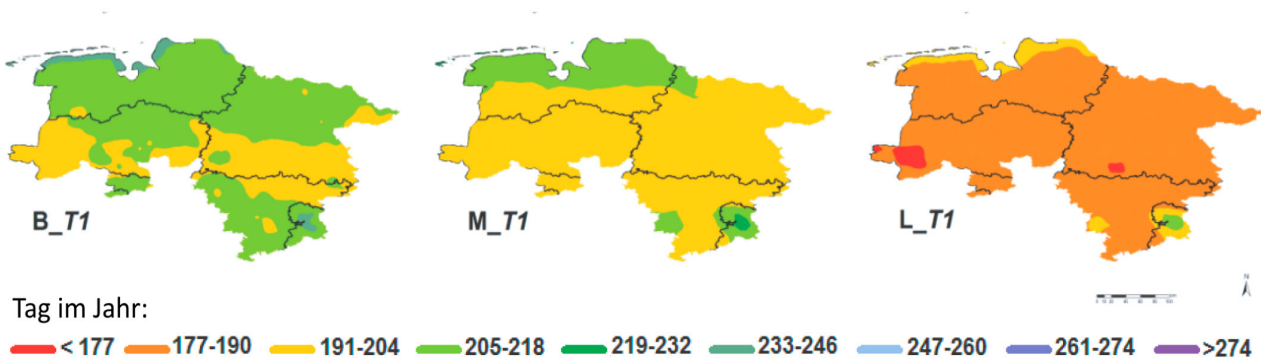


Abb. 44: Erstauftreten T1 (1% befallene Felder innerhalb einer Region) von *Cercospora*-Blattflecken in Zuckerrübe in Niedersachsen. Das ZEPP-Krankheitsmodell CERC BET1 wurde mit einem regionalen Klimaszenario (Klimamodell REMO, MPI Hamburg) angetrieben. Zeiträume: B_T1 (1971–2000), M_T1 (2021–2050) und L_T1 (2071–2100). Quelle: Richerzhagen et al. (2011).

(Kremer et al. 2016). Auch die Latenzzeit von vielen Pflanzenkrankheiten könnte sich durch die Erwärmung in Deutschland verkürzen. Insgesamt gesehen, könnten solche temperaturabhängigen Prozesse häufig ein höheres Pflanzenkrankheitsrisiko zur Folge haben (Tab. 3), da sich viele Pflanzenpathogene früher entwickeln und schneller im Bestand ausbreiten könnten (Habekuß et al. 2009; Richerzhagen et al. 2011). Allerdings sind auch andere Umweltfaktoren (Feuchtigkeit, Wind, etc.) für diese Prozesse bedeutsam, die sogar dem fördernden Temperatureffekt entgegenwirken können (Juroszek et al. 2020). Nichtsdestotrotz müssen höchstwahrscheinlich die Felderhebungen (Monitoring)

und die ersten direkten Pflanzenschutzmaßnahmen früher und evtl. auch häufiger durchgeführt werden als dies heute der Fall ist (Juroszek et al. 2020). Dies könnte dazu führen, dass die Prognose- und Entscheidungshilfesysteme der ZEPP früher und evtl. länger vom Berater/Landwirt genutzt werden müssen.

Schadinsekten wurden bei der ZEPP im Rahmen von offiziellen Klimafolgenforschungsprojekten bis zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht behandelt, sondern nur Pflanzenkrankheiten (siehe oben). Aufgrund der hohen Relevanz werden aller Voraussicht nach in Zukunft ähnliche Klimawandelfolgenforschungsprojekte zum Thema Schadinsekten im Acker-

und auch Gartenbau durchgeführt werden. Vor allem sollten Insektenarten mit einem potentiell hohen ökonomischen Schaden berücksichtigt werden, insbesondere Arten, die besonders von der Erwärmung profitieren werden ('Klimagewinner'). Dazu gehören thermophile Arten, bereits heimisch aber auch potentiell invasiv, die mehrere Generationen pro Vegetationsperiode bilden können (bspw. Kirschessigfliege, Apfelwickler, verschiedene Blattlaus- und Zikadenarten). Vor allem auch Insektenarten, die Pathogene (Viren, Bakterien) übertragen können und somit Virosen und Bakteriosen in den Kulturpflanzenbeständen verbreiten können. Einige dieser Schadinsektenarten werden schon jetzt von der ZEPP gemeinsam mit verschiedenen Kooperationspartnern modelliert (siehe laufende Projekte „NiKIZ“, „EntoProg“ und „Fruit-BAs“). Die Prognosemodelle dienen dazu, um beispielsweise das Erstauftreten (Zuflug oder Eiablage) von Schadinsekten im Bestand zu simulieren und daraufhin im Rahmen von Entscheidungshilfesystemen rechtzeitig Regulierungsmaßnahmen ergreifen zu können.

Solche bereits wichtigen Projekte werden in Zukunft für verschiedene Kulturpflanzenarten im Acker- und Gartenbau noch essentieller werden, sollten sich die Klimawandelszenarien bewahrheiten. Diese Vorhaben könnten in optimaler Weise mit Hilfe von anschließenden Klimawandelfolgenforschungsprojekten sinnvoll ergänzt werden. Auf diese Weise wäre eine Simulation der zukünftigen Risiken durch Schadinsekten möglich, um Anpassungsmaßnahmen im Pflanzenschutz frühzeitig vorzubereiten. Beispiele für Anpassungsmaßnahmen wären die Züchtung resistenter und toleranter Sorten (Miedaner & Juroszek 2021a, 2021b) oder die zielgerichtete Entwicklung von Pflanzenschutzmitteln (Juroszek et al. 2022).

Die projizierten Temperatur- und Niederschlagsänderungen werden auch die Entwicklung der Kulturpflanzen beeinflussen (Racca et al. 2015). Beispielsweise könnte es in Zukunft noch wichtiger werden, die Bodenfeuchtigkeit in den Modellierungen der ZEPP mit zu berücksichtigen, um dadurch die Entwicklungsstadien

der Kulturpflanzen noch exakter simulieren zu können. Der schnelle und gleichmäßige Feldaufgang von Ackerbaukulturrassen ist von einer ausreichend hohen Bodenfeuchtigkeit abhängig. Bodentrockenheit kann den Feldaufgang um mehrere Wochen hinauszögern, obwohl die Temperaturbedingungen optimal für die Saatgutkeimung sind. In diesem Zusammenhang hat die ZEPP im Jahr 2022 neue Kooperationspartner aus Forschung und Wirtschaft gefunden, die mit Hilfe von Erdbeobachtungsdaten und Bodensensoren die Bodenfeuchte in einer bisher nicht möglichen räumlichen und zeitlichen Auflösung bereitstellen können.

Fazit

Insgesamt betrachtet wird der projizierte Klimawandel dazu führen, dass die Bedeutung des vorbeugenden und direkten Pflanzenschutzes weiter steigen wird und mit ihr die Relevanz von Monitoring, Modellierung, Simulation, Prognose und Entscheidungshilfe, um die Nahrungsmittelsicherheit auch unter zukünftigen Klimabedingungen garantieren zu können. Einen wichtigen Beitrag dazu leistet der integrierte Pflanzenschutz, der diese Tools bzw. Maßnahmen beinhaltet.



Dr. Peter Juroszek

Weiterführende Literatur

Habekuß A., Riedel C., Schliephake E., Ordon F. (2009): Breeding for resistance to insect-transmitted viruses in barley - an emerging challenge due to global warming. *Journal für Kulturpflanzen*, 61, 53-61.

IPPC Secretariat (2021): Scientific review of the impact of climate change on plant pests - A global challenge to prevent and mitigate plant pest risks in agriculture, forestry and ecosystems. Drafting authors: Gullino M.L. (lead author, Italy), Albajes R. (Spain), Al-Jboory I. (Iraq), Angelotti F. (Brazil), Chakraborty S. (Australia), Garrett K.A. (United States of America), Hurley B.P. (South Africa), Juroszek P. (Germany), Makkouk K. (Lebanon), Pan X. (China), Stephenson T. (Jamaica). FAO on behalf of the IPPC (International Plant Protection Convention) Secretariat. Rome, Italy.

Jacob D., Kottmeier C., Petersen J., Rechid D., Teichmann C. (2017): Regionale Klimamodellierung, pp. 27-35. In: G.P. Brasseur, D. Jacob, S. Schuck-Zöllner (Hrsg.) *Klimawandel in Deutschland*. Springer Spektrum.

- Juroszek P., Laborde M., Kleinhenz B., Mellenthin M., Racca P., Sierotzki H. (2022): A review on the potential effects of temperature on fungicide effectiveness. *Plant Pathology*, 71, 775-784.
- Juroszek P., Racca P., Link S., Farhumand J., Kleinhenz B. (2020): Overview on the review articles published during the past 30 years relating to the potential climate change effects on plant pathogens and crop disease risks. *Plant Pathology*, 69, 179-193.
- Kremer P., Schlüter J., Racca P., Fuchs H.J., Lang C. (2016): Possible impact of climate change on the occurrence and the epidemic development of cercospora leaf spot disease (*Cercospora beticola* sacc.) in sugar beets for Rhineland-Palatinate and the southern part of Hesse. *Climatic Change*, 137, 481-494.
- Krengel-Horney S., Adler C., Berger B., Feike T., Flath K., Hausmann J., et al. (2021): Klimawandel und mögliche Herausforderungen für den Pflanzenschutz - Gestern, heute, morgen. *Journal für Kulturpflanzen*, 73, 292-305.
- Miedaner T., Juroszek P. (2021a): Climate change will influence disease resistance breeding in wheat in Northwestern Europe. *Theoretical and Applied Genetics*, 134, 1771-1785.
- Miedaner T., Juroszek P. (2021b): Global warming and increasing maize cultivation demand comprehensive efforts in disease and insect resistance breeding in north-western Europe. *Plant Pathology*, 70, 1032-1046.
- Racca P., Kakau J., Kleinhenz B., Kuhn C. (2015): Impact of climate change on the phenological development of winter wheat, sugar beet and winter oilseed rape in Lower Saxony, Germany. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 122, 16-27.
- Racca P., Richerzhagen D., Kuhn C., Kleinhenz B., Hau B. (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.
- Richerzhagen D. (2013): Untersuchungen zum Auftreten und der Interaktion von Zuckerrüben-Blattkrankheiten am Beispiel von Cercospora-Blattflecken (*Cercospora beticola*), Rübenmehltau (*Erysiphe betae*) und Rübenrost (*Uromyces betae*) unter dem Einfluss des Klimawandels. Dissertation, Institut für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Leibniz Universität Hannover.
- Richerzhagen D., Racca P., Zeuner T., Kuhn C., Falke K., Kleinhenz B., Hau B. (2011): Impact of climate change on the temporal and regional occurrence of Cercospora leaf spot in Lower Saxony. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 118, 168-177.
- Richerzhagen D., Racca P., Hau B., Juroszek P., von Tiedemann A. (2013a): Mehr Roste, weniger Mehltau. *DLG-Mitteilungen*, 3/2013, 64-66.
- Richerzhagen D., Racca P., Kleinhenz B. (2013b): Künftig nicht mehr Mehltau. *DLG-Mitteilungen*, 4/2013, 70-71.
- Vanden Bossche B., Niere B., Vidal S. (2015): Effect of temperature on the hatch of two German populations of the beet cyst nematodes *Heterodera schachtii* and *Heterodera betae*. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 122, 250-254.
- Volk T., Epke K., Gerstner V., Leuthner C., Rotterdam A., Johnen A., von Richthofen J.S. (2010): Klimawandel in Nordrhein-Westfalen – Auswirkungen auf Schädlinge und Pilzkrankheiten wichtiger Ackerbaukulturen. Abschlussbericht, proPlant GmbH, Münster.
- Ziebell H. (2017): Die Virusepidemie an Leguminosen 2016 – eine Folge des Klimawandels? *Journal für Kulturpflanzen*, 69, 64-68.