

Heidecke, Claudia; Offermann, Frank; Hauschild, Marlen

Working Paper

Abschätzung des Schadpotentials von Hochwasser- und Extremwetterereignissen für landwirtschaftliche Kulturen

Thünen Working Paper, No. 76

Provided in Cooperation with:

Johann Heinrich von Thünen Institute, Federal Research Institute for Rural Areas, Forestry and Fisheries

Suggested Citation: Heidecke, Claudia; Offermann, Frank; Hauschild, Marlen (2017) : Abschätzung des Schadpotentials von Hochwasser- und Extremwetterereignissen für landwirtschaftliche Kulturen, Thünen Working Paper, No. 76, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, <https://doi.org/10.3220/WP1503576083000>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/168367>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

Abschätzung des Schadpotentials von Hochwasser- und Extremwetterereignissen für landwirtschaftliche Kulturen

Claudia Heidecke, Frank Offermann, Marlen Hauschild

Thünen Working Paper 76

Dr. Claudia Heidecke
Thünen-Institut für Ländliche Räume

Dr. Frank Offermann
Thünen-Institut für Betriebswirtschaft

Marlen Hauschild
Thünen-Institut für Ländliche Räume

Johann Heinrich von Thünen-Institut
Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei
Bundesallee 50
38116 Braunschweig
Germany

Telefon: +49 531 596-5519
Fax: +49 531 596-5599
E-Mail: claudia.heidecke@thuenen.de

Thünen Working Paper 76

Braunschweig/Germany, Mai 2017

Kurzfassung

Der folgende Bericht untersucht die ökonomischen Auswirkungen von Hochwasser auf die Landwirtschaft in Deutschland anhand von Hochwasserrisikogebieten sowie die Auswirkungen von extremen Dürre und Frostereignissen auf landwirtschaftliche Erträge von Weizen, Roggen, Gerste, Raps, Kartoffeln, Mais und Zuckerrüben. Damit baut der Bericht auf das Projekt „Agrarrelevante Extremwetterlagen und Möglichkeiten von Risikomanagementsystemen“ auf, welches vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) beauftragt und gefördert wurde und 2015 abgeschlossen wurde (Gömann et al. 2015).

Der Literaturüberblick über die zukünftige Entwicklung von Hochwasserereignissen zeigt überwiegend eine steigende Tendenz von Hochwasserereignissen in der Zukunft, wobei das Ausmaß des Anstiegs regional und zwischen den Studien unterschiedlich ist. Insgesamt konnte in den Analysen ein maximaler Erlösverlust von 394 Mio. € beim Ackerland (davon 189 Mio. € auf Getreideflächen) ermittelt werden, wenn im Jahr 2010 100 Prozent der HQ100-Fläche in Deutschland betroffen gewesen wären.

Für die Abschätzung der monetären Schäden von weiteren Extremwetterereignissen wurde der in Gömann et al. (2015) verwendete Schätzansatz geringfügig weiterentwickelt. Bei Winterweizen stellen die Verluste aufgrund von Kahlfrostartextremereignissen mit ca. 30 Mio. €/Jahr den wichtigsten der untersuchten Schäden dar. Auch Trockenheit/Dürre zu unterschiedlichen Zeiten des Vegetationsverlaufes sowie extreme Hitze in der Blütezeit führen zu deutlichen Schäden auf sektoraler Ebene. In der Summe lagen die berechneten Schäden aufgrund von Trockenheit/Dürre/Hitze bei ca. 40 Mio. €/Jahr. Alle untersuchten Extremereignisse zusammen summieren sich auf 78 Mio. €/Jahr auf. Die Situation bei Wintergerste stellt sich insgesamt recht ähnlich dar und die Kosten summieren sich zusammen auf 36 Mio. €/Jahr auf. Für Winterraps summieren sich alle untersuchten Extremereignisse auf 47 Mio. €/Jahr, für Körnermais auf ca. 12 Mio. €/Jahr auf. Bei Kartoffeln haben Schäden aufgrund von extremer Sommertrockenheit die größte Bedeutung für Betriebe ohne Bewässerung, gefolgt von Ertragsverlusten aufgrund von Spätfrösten und Staunässe. Für Zuckerrüben konnten Schäden nur das Ereignis ‚Extreme Sommertrockenheit‘ bestimmt werden. Diese belaufen sich auf ca. 7 Mio. €/Jahr.

JEL: Q10, Q15, Q54

Schlüsselwörter: Extreme Wetterereignisse, Landwirtschaft, Hochwasser, Frost, Dürre, Trockenheit, Hitze, Ertragsverluste, Deutschland

Abstract

This working paper analyses the economic impacts of floods in agriculture with the help of flood risk areas as well as the economic impacts of other extreme weather events such as droughts and frost on agricultural yields of wheat, barley, rye, potato, maize and sugar beets. The working paper builds upon research of the project of agricultural relevant extreme weather events which was initiated and supported by the German Federal Ministry of Nutrition and Agriculture (Gömann et al. 2015).

A literature review about the future development of flood events shows an increasing tendency of flood events in the future whereas the dimension of this expected increase is very diverse between regions and studies analyzed. Altogether the analysis of this paper shows a maximum loss of revenues of 394 Mio. € on crop land (of which 189 Mio. € are on land cultivated with cereals) under the assumption that in the year 2010 hundred percent of HQ100 areas would be affected.

For the estimation of monetary damages of further extreme weather events the estimation approach by Gömann et al. (2015) was slightly modified. For wheat the most important monetary losses of 30 Mio €/year are due to frost on snow-free areas. Furthermore dryness and drought during different steps of the vegetation period and extreme heat in the blooming period lead to considerable losses. In total the calculated sum of losses due to dryness, drought and heat are estimated to approximately 40 Mio €/year. Summing up the losses of all extreme weather events affecting wheat leads to costs of 78 Mio € /year. For winter barley the situation is similar to wheat and sums up to a total of 36 Mio €/year. For winter rye, losses of all extreme weather events sum up to 47 Mio €/year, and for maize to 12 Mio €/ year. Potatoes are mostly affected in farms without irrigation, followed by crop yield losses due to late frosts and soil wetness. For sugar beets losses could only be determined for the event of extreme summer dryness. Here losses are estimated around 7 Mio €/year.

JEL: Q10, Q15, Q54

Keywords: extreme weather events, agriculture, flood, drought, dryness, heat, crop yield losses, Germany

Zusammenfassung

Der folgende Bericht untersucht die ökonomischen Auswirkungen von Hochwasser auf die Landwirtschaft in Deutschland anhand von Hochwasserrisikogebieten sowie die Auswirkungen von extremen Dürre- und Frostereignissen auf landwirtschaftliche Erträge von Weizen, Roggen, Gerste, Raps, Kartoffeln, Mais und Zuckerrüben. Damit baut der Bericht auf das Projekt „Agrarrelevante Extremwetterlagen und Möglichkeiten von Risikomanagementsystemen“ auf, welches vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) beauftragt und gefördert wurde und 2015 abgeschlossen wurde (Gömann et al., 2015).

Der Literaturüberblick über die zukünftige Entwicklung von Hochwasserereignissen in Deutschland zeigt überwiegend eine steigende Tendenz von Hochwasserereignissen in der Zukunft, wobei das Ausmaß des Anstiegs regional und zwischen den Studien unterschiedlich ist. Die weiteren ökonomischen Analysen von Hochwasserereignissen beruhen auf der Ermittlung der landwirtschaftlichen Flächen (4,7 % der landwirtschaftlichen Flächen Deutschlands befinden sich in HQ M Gebieten), die potenziell durch ein Hochwasserereignis mittlerer Wiederkehrwahrscheinlichkeit betroffen sein könnten. Diese Flächen wurden auf Kreisebene bezogen und anteilig mit den Flächennutzungen der landwirtschaftlichen Flächen ausgewertet, um die durchschnittlichen Erlöse der jeweiligen Kulturen im betroffenen Landkreis zu ermitteln. Hieraus ergab sich ein potenzieller Erlös von 1.262 €/ha bei Ackerland und 1.254 €/ha beim Getreide in HQ M Gebieten. Insgesamt konnte dadurch ein maximaler Erlösverlust von 394 Mio. € beim Ackerland (davon 189 Mio. € auf Getreideflächen) ermittelt werden, wenn im Jahr 2010 100 Prozent der HQ100-Fläche betroffen gewesen wären.

Für die Abschätzung der monetären Schäden von Extremwetterereignissen wurde der in Gömann et al. (2015) verwendete Schätzansatz geringfügig angepasst und neben Weizen auf ausgewählte andere Kulturen übertragen. In Zusammenarbeit mit dem JKI wurden die Schwellenwerte für Extremwetterlagen weiter spezifiziert. Während für Weizen, Gerste und Raps genügend Beobachtungen historischer Ertragsentwicklungen vorlagen, um für eine Reihe von Regionen spezifische Ertragswirkungen abzuschätzen, wurden aufgrund der Datenverfügbarkeit für Körnermais, Kartoffeln und Zuckerrüben die Ertragswirkungen von Extremwetterereignissen einheitlich für Deutschland abgeschätzt. Für die Abschätzung wurden die regionale Extremwetterhäufigkeit des Zeitraums 1961 bis 2015 und Durchschnittspreise des Zeitraums 2011 bis 2015 zugrunde gelegt. Die Abschätzung monetärer Schäden bezieht sich beispielhaft auf Wetterereignisse, die in Deutschland im Durchschnitt nur ca. alle 15 Jahre (bzw. im Jahr im Schnitt auf weniger als 6,6 % der Ackerfläche) beobachtet wurden.

Bei Winterweizen stellen die Verluste aufgrund von Kahlfrostmereignissen mit ca. 30 Mio. €/Jahr den wichtigsten der untersuchten Schäden dar. Auch Trockenheit/Dürre zu unterschiedlichen Zeiten des Vegetationsverlaufes sowie extreme Hitze in der Blütezeit führen zu deutlichen Schäden auf sektoraler Ebene. In der Summe lagen die berechneten Schäden aufgrund von Trockenheit/Dürre/Hitze bei ca. 40 Mio. €/Jahr. Alle untersuchten Extremereignisse

zusammen summieren sich auf 78 Mio. €/Jahr auf. Die Situation bei Wintergerste stellt sich insgesamt recht ähnlich dar. Auch hier stellt Kahlfröste mit einem berechneten Schaden von 12 Mio. €/Jahr das wichtigste der untersuchten Extremereignisse dar. In der Summe lagen die berechneten Schäden aufgrund von Trockenheit/Dürre/Hitze bei ca. 16 Mio. €/Jahr. Alle untersuchten Extremereignisse zusammen summieren sich auf 36 Mio. €/Jahr auf.

Für Winterraps ergeben sich nach den Schätzungen mit 16 Mio. €/Jahr erhebliche Verluste aufgrund von Starkregenereignissen, wobei diese allerdings regional sehr unterschiedlich ausfallen. Insbesondere Spät- und Wechselfröste führen zu reduzierten Erlösen (10 bzw. 8 Mio. €/Jahr). Trockenheitsschäden aufgrund extrem geringer Niederschlagsmengen im Zeitraum Mitte April bis Mitte Juni summieren sich auf weitere 8 Mio. €/Jahr. Alle untersuchten Extremereignisse zusammen summieren sich auf 47 Mio. €/Jahr auf. Für Körnermais ergeben sich für die untersuchten Extremwetterereignisse insgesamt Schäden von ca. 12 Mio. €/Jahr. Die bedeutendsten Extremwetterereignisse sind in diesen Zusammenhang extrem viele Tage mit Staunässe (ca. 5 Mio. €/Jahr) bzw. mit Hitze (ca. 4 Mio. €/Jahr). Bei Kartoffeln haben Schäden aufgrund von extremer Sommertrockenheit die größte Bedeutung für Betriebe ohne Bewässerung, gefolgt von Ertragsverlusten aufgrund von Spätfrösten und Staunässe. Für Zuckerrüben konnten Schäden nur das Ereignis ‚Extreme Sommertrockenheit‘ bestimmt werden. Diese belaufen sich auf ca. 7 Mio. €/Jahr.

Die für diesen Bericht durchgeführten Analysen zeigen, dass der in Gömann et al. (2015) für Weizen verwendete Ansatz, mit Hilfe von statistischen Analysen historischer Ertrags- und Wetterdaten die Ertrags- und Schadenswirkungen von Extremwetterlagen abzuschätzen, grundsätzlich auf andere Kulturen übertragbar ist. Allerdings spielt die Datenverfügbarkeit eine große Rolle für belastbare Ergebnisse, weshalb für eine Reihe von Kulturen keine regional spezifischen Ertragswirkungen geschätzt werden konnten. Insbesondere für Wein und anderen Sonderkulturen liegen bisher keine flächendeckenden Abschätzungen zu Ertrags- und Schadenswirkungen vor. Der Wahl von Wettervariablen und Schwellenwerten kommt eine entscheidende Rolle für die Plausibilität und Aussagekraft der Ergebnisse zu. Die in dieser Studie erzielten Ergebnisse sollten daher in einem nächsten Schritt mit Experten von DWD und JKI diskutiert und Möglichkeiten der Validierung eruiert werden.

Angesichts der erwarteten Zunahme von Extremwetterereignissen im Zuge des Klimawandels besteht Anpassungsbedarf für die deutsche Landwirtschaft. Die Politik unterstützt die Landwirtschaft beim Umgang mit Wetterextremen u.a. durch einen stark ermäßigten Steuersatz für Versicherungen gegen ausgewählte Wetterrisiken, durch die Förderung von betrieblichen (z. B. Investition in Hagelnetze) und überbetrieblichen (z. B. Stärkung des Hochwasserschutzes im Rahmen der GAK) präventiven Maßnahmen sowie im Rahmen von Katastrophenhilfen in Form von Ausgleichszahlungen. An allererster Stelle aber werden hier die landwirtschaftlichen Unternehmer gefordert sein, eine an ihre individuelle Risikoexposition und Risikoneigung angepasste Produktionsplanung und -in Zusammenarbeit mit der Versicherungswirtschaft - Absicherungsstrategie zu entwickeln und umzusetzen.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	i
Abstract	ii
Zusammenfassung	i
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	V
1 Einleitung	1
2 Ökonomische Analysen zu den Auswirkungen von Hochwasser auf die Landwirtschaft	3
2.1 Zukünftige Entwicklung von Hochwasser – ein Literaturüberblick	3
2.2 Hochwasserschäden in Deutschland	4
2.3 Analyserahmen	5
2.4 Ergebnisse	7
2.4.1 Hochwassergefährdete Flächen landwirtschaftlicher Nutzung	7
2.4.2 Potentielle Erlösverluste	9
2.4.3 Vergleich der Schadenssummen anderer Studien	11
2.4.4 Szenarioanalyse	12
2.5 Diskussion	12
3 Abschätzung von Schäden ausgewählter Extremwetterlagen bei Ackerbaukulturen	15
3.1 Vorgehensweise	15
3.2 Schadsschwellenwerte für Extremwetterlagen	16
3.3 Ergebnisse	19
3.3.1 Schätzung der Ertragswirkungen ausgewählter Extremwetter-variablen	19
3.3.2 Abschätzung der Erlösverluste / monetärer Schäden	23
3.3.2.1 Gesamte Erlösverluste in Deutschland	24
3.3.2.2 Regionale Erlösverluste	27
3.4 Einordnung und Diskussion	43
Literaturverzeichnis	47

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Hochwasserrisikoflächen von HQ H, HQ M und HQ L (links) und Ackerland und Grünland überdeckt von potenziellen Hochwasserflächen eines HQ H, HQ M und HQ L (rechts)	6
Abbildung 2:	Anteil überflutungsgefährdeter LF Flächen bei einem HQ M an der gesamten LF (links) und Anteil der von HQ M potentiell betroffenen Getreideflächen am gesamten AL (rechts) auf Kreisebene	7
Abbildung 3:	Durchschnittlicher Erlös der potentiell von HQ M betroffenen Ackerfläche in €/ha auf potenziellen Gemeindeebenen	11
Abbildung 4:	Regionale durchschnittliche jährliche Verluste durch extreme Kahlfrostergebnisse bei Winterweizen auf regionaler Ebene (mittlere jährliche Erlösverluste und Kosten für die Neuansaat)	28
Abbildung 5:	Regionale durchschnittliche jährliche Verluste durch Dürre bei Winterweizen	29
Abbildung 6:	Regionale durchschnittliche jährliche Verluste durch Trockenheit zum Vegetationsbeginn bei Winterweizen	30
Abbildung 7:	Regionale durchschnittliche jährliche Verluste durch Hitze zur Blütezeit bei Winterweizen	31
Abbildung 8:	Regionale durchschnittliche jährliche Verluste bei Winterweizen durch Hitzetage und extreme Trockenheit	32
Abbildung 9:	Regionale durchschnittliche jährliche Verluste bei Winterweizen durch extreme Nässe zur Saatzeit (linke Karte) bzw. Erntezeit (rechte Karte)	33
Abbildung 10:	Regionale durchschnittliche jährliche Verluste durch extreme Kahlfrostergebnisse bei Wintergerste auf regionaler Ebene (mittlere jährliche Erlösverluste und Kosten für die Neuansaat)	34
Abbildung 11:	Regionale durchschnittliche jährliche Verluste bei Wintergerste durch Hitzetage und extreme Trockenheit	35
Abbildung 12:	Regionale durchschnittliche jährliche Verluste bei Raps durch extreme Wechselfröste (linke Karte) bzw. Spätfröste (rechte Karte)	36
Abbildung 13:	Regionale durchschnittliche jährliche Verluste bei Raps durch extreme Starkregenereignisse	37
Abbildung 14:	Regionale durchschnittliche jährliche Verluste bei Raps durch extreme Trockenheit	38
Abbildung 15:	Regionale durchschnittliche jährliche Verluste durch Hitze bei Körnermais	39

Abbildung 16:	Regionale durchschnittliche jährliche Verluste durch extreme Staunässe bei Körnermais	40
Abbildung 17:	Regionale durchschnittliche jährliche Verluste durch extreme Trockenheit bei Zuckerrüben	41
Abbildung 18:	Regionale durchschnittliche jährliche Verluste durch extreme Trockenheit bei Kartoffeln auf nicht bewässerten Flächen	42

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Potenziell durch ein HQ M überflutungsgefährdete landwirtschaftliche Flächen bezogen auf das Jahr 2010 (LF, AL und GL) auf Bundeslandebene	8
Tabelle 2:	Summe der von HQ M potentiell betroffenen Getreideflächen anteilig an der gesamten LF und der von HQ M potenziell betroffenen LF sowie AL auf Landkreisebene	9
Tabelle 3:	Erlösbeträge für Getreide- sowie aller Ackerflächen im HQ M Gebiet (in Tsd. € bzw. €/ha) auf Bundeslandebene	10
Tabelle 4:	Schwellenwerte für die Abschätzung der Schäden von Extremwetterlagen bei Weizen und Gerste	17
Tabelle 5:	Schwellenwerte für die Abschätzung der Schäden von Extremwetterlagen bei Raps	17
Tabelle 6:	Schwellenwerte für die Abschätzung der Schäden von Extremwetterlagen bei Kartoffeln	18
Tabelle 7:	Schwellenwerte für die Abschätzung der Schäden von Extremwetterlagen bei Körnermais	18
Tabelle 8:	Schwellenwerte für die Abschätzung der Schäden von Extremwetterlagen bei Zuckerrüben	18
Tabelle 9:	Schätzergebnisse zu den Ertragswirkungen von Extremwetterereignissen bei Weizen	20
Tabelle 10:	Schätzergebnisse zu den Ertragswirkungen von Extremwetterereignissen bei Gerste	21
Tabelle 11:	Schätzergebnisse zu den Ertragswirkungen von Extremwetterereignissen bei Raps	22
Tabelle 12:	Schätzergebnisse zu den Ertragswirkungen von Extremwetterereignissen bei Körnermais	22
Tabelle 13:	Schätzergebnisse zu den Ertragswirkungen von Extremwetterereignissen bei Kartoffeln	23
Tabelle 14:	Schätzergebnisse zu den Ertragswirkungen von Extremwetterereignissen bei Zuckerrüben	23
Tabelle 15:	Abschätzung der monetären jährlichen Schäden bei Winterweizen durch Extremwetterereignisse mit einer Wiederkehrhäufigkeit alle 15 Jahre	25
Tabelle 16:	Abschätzung der monetären jährlichen Schäden bei Wintergerste durch Extremwetterereignisse mit einer Wiederkehrhäufigkeit alle 15 Jahre	25

Tabelle 17:	Abschätzung der monetären jährlichen Schäden bei Winterraps durch Extremwetterereignisse mit einer Wiederkehrhäufigkeit alle 15 Jahre	26
Tabelle 18:	Abschätzung der monetären jährlichen Schäden bei Körnermais durch Extremwetterereignisse mit einer Wiederkehrhäufigkeit alle 15 Jahre	26
Tabelle 19:	Abschätzung der monetären jährlichen Schäden bei Kartoffeln durch Extremwetterereignisse mit einer Wiederkehrhäufigkeit alle 15 Jahre	27
Tabelle 20:	Abschätzung der monetären jährlichen Schäden bei Zuckerrüben durch Extremwetterereignisse mit einer Wiederkehrhäufigkeit alle 15 Jahre	27
Tabelle 21:	GDV-Schätzung zu Schäden durch Wetterextreme im langjährigen Mittel (in Mio. €)	43

1 Einleitung

Extremwetterlagen wie Dürre, Hagel, Stark- und Dauerregen, extreme Fröste und Stürme können der Land- und Forstwirtschaft binnen Stunden, Tagen oder Wochen extremen Schaden zufügen und vor große Herausforderungen stellen (Gömann et al., 2015). Es wird erwartet, dass einige Extremwetterereignisse mit dem Klimawandel in Zukunft vermehrt auftreten werden. Die Intensität solcher Ereignisse sowie die in Folge auftretenden Schäden an landwirtschaftlichen Kulturen können dabei regional stark variieren. Vor diesem Hintergrund wurde das Verbundprojekt *Agrarrelevante Extremwetterlagen und Möglichkeiten von Risikomanagementsystemen* vom BMEL beauftragt und gefördert und im Juni 2015 abgeschlossen. Das Projekt wurde federführend vom Thünen-Institut koordiniert und in enger Zusammenarbeit mit dem Julius-Kühn-Institut und dem Deutschen Wetterdienst bearbeitet. Des Weiteren wurde im Rahmen von Entscheidungshilfe-Vorhaben spezifische Aspekte vom Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinland-Pflanz (DLR), dem Kompetenzzentrum Obstbau-Bodensee, dem Obstbauzentrum Esteburg, der Bayrischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Hüll, der Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde, der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt und dem Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung untersucht. Im Rahmen des Projektes wurden Extremwetterlagen mit potentiellen Auswirkungen auf die Landwirtschaft und Forstwirtschaft analysiert. Dazu wurde untersucht, wie sich relevante Extremwetterlagen bisher entwickelt haben und diskutiert, wie sie sich zukünftig entwickeln, die regionalen Unterschiede deutschlandweit herausgestellt, die Schäden für verschiedene Kulturarten untersucht, sowie Anpassungsmöglichkeiten des Agrar- und Forstsektors und potentielle Aufgaben hieraus für die Wirtschaft und Politik identifiziert.

Die vorliegende Studie vertieft darauf aufbauend zwei Aspekte, die im Rahmen des Projektes noch nicht ausreichend abgeschlossen werden konnten:

- Zum einen wird in Kapitel 2 auf Basis von aktueller Literatur untersucht, inwieweit Aussagen zu der zukünftigen Entwicklung von Hochwasser für Deutschland abgeleitet werden können und darauf aufbauend, welche landwirtschaftlichen Flächen und welche potentiellen maximalen Schäden Hochwasserereignisse in unterschiedlichen Regionen in Deutschland auf Basis der vorhandenen landwirtschaftlich genutzten Fläche theoretisch nehmen könnte.
- Zum zweiten werden in Kapitel 3 für weitere Ackerkulturen die Auswirkungen von Extremwetterereignisse auf regionale Erträge getestet und davon abgeleitet, wie hoch das Schadenspotenzial für die Ackerkulturen Roggen, Gerste, Kartoffeln, Mais und Zuckerrüben derzeit und zukünftig sein könnte.

Dem DWD danken wir für die Bereitstellung umfangreicher Daten zur historischen Ausprägung von Wettervariablen. Dank gebührt insbesondere Frau Dr. Frühauf vom DWD sowie Herrn Dr. Lilienthal vom JKI für die Unterstützung bei der Definition von Schwellenwerten für agrarrelevante Wetterextreme und die Anregungen zur Auswahl von Schätzvariablen und zur Darstellung der Ergebnisse.

2 Ökonomische Analysen zu den Auswirkungen von Hochwasser auf die Landwirtschaft

Durch die Hochwasserereignisse im Jahr 2002 und 2013 war die Landwirtschaft unter anderem von erheblichen Schäden aufgrund von extremen Wetterereignissen betroffen. Nicht zuletzt deswegen hat das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft mittels eines Sonderrahmenplans der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes: Maßnahmen des präventiven Hochwasserschutzes“ Maßnahmen im Bereich Hochwasserschutz gestärkt (BMEL, 2016). Die Auswertung von potenziell durch ein Hochwasserereignis mittlerer Wahrscheinlichkeit betroffenen landwirtschaftlichen Flächen ermöglicht in dieser Studie eine Abschätzung der zu erwartenden Schäden für die Landwirtschaft. Dazu wird zunächst ein Literaturüberblick über neuere Studien zur Abschätzung der Entwicklung von Hochwasserereignissen in Deutschland sowie anschließend eine Einordnung von bisherigen Studien zu ökonomischen Auswirkungen von Hochwasser in Deutschland gegeben. Danach werden die Methoden und Ergebnisse vorgestellt und abschließend diskutiert.

2.1 Zukünftige Entwicklung von Hochwasser – ein Literaturüberblick

Aufbauend auf dem Überblick zur Entwicklung der Häufigkeit von Hochwasserereignissen (Gömann et al., 2015) werden im Folgenden ergänzende Studien ausgewertet, die die bisherige und zukünftige Entwicklung von Hochwasserereignissen analysieren.

Die von Gömann et al. (2015) ausgewerteten Studien zeigen überwiegend eine steigende Tendenz von Hochwasserereignissen in der Zukunft, wobei das Ausmaß des Anstiegs regional und zwischen den Studien unterschiedlich ist.

Beurton et al. (2009) untersuchten die jährlichen Maximalabflüsse an 481 Pegel in ganz Deutschland und identifizierten daraufhin mit Hilfe einer Clusteranalyse drei Regionen, die sich durch ein homogenes Hochwasserregime auszeichnen. Die erste Region wurde im westlichen und mittleren Teil Deutschlands identifiziert. Diese Region zeichnet sich vorrangig durch Winterhochwasser aus. Die zweite Region befindet sich im Norden und Osten Deutschlands und hat einen erhöhten Anteil an Frühjahrs- und Sommerhochwassern. Das dritte Cluster in Süddeutschland wird dominiert von einem Regen-Schnee-Regime der alpinen Flüsse und das Auftreten von Sommerhochwassern (ebd.).

In einer Auswertung von Madsen et al. (2014) werden verschiedene Methoden und Auswertungen zu extremen Niederschlagsereignissen in Europa verglichen. Dort wird auch diskutiert, dass es auf Basis von beobachteten Tageswerten des Niederschlags in der Vergangenheit in Deutschland einen Anstieg von Winterniederschlägen gegeben hat, jedoch abnehmende Sommerniederschläge. Insgesamt ist für Europa bislang kein signifikanter Trend sichtbar, der einheitlich auf einen Anstieg von Hochwasserdurchflüssen in der Vergangenheit

hingedeutet hätte (ebd.). Für kleinere Regionen, auch in Deutschland, konnte jedoch ein positiver Trend nachgewiesen werden. Dies betrifft insbesondere Regionen in Bayern und Baden-Württemberg (Hennegriff et al., 2006) sowie Sachsen-Anhalt (Hattermann et al., 2011), wohingegen für einige Regionen in Ostdeutschland eine Abnahme projiziert wurde (Madsen et al., 2014). Blöschl (2015) erklärt anhand der Auswertungen von Abflussdaten und statistisch signifikanten Trends, dass tendenziell eine Verringerung von Hochwasserereignissen in Süd- und Nordosteuropa erkennbar ist, wohingegen sich Hochwasser in Westeuropa aufgrund von Veränderungen im Aufkommen von Niederschlägen tendenziell erhöht haben. Für eine Abschätzung der zukünftigen Entwicklung von Hochwassern ist es laut Blöschl wichtig, ein Verständnis der verschiedenen Einflussgrößen auf Hochwasser sowie deren Zuverlässigkeit für zukünftige Entwicklungen einzubeziehen. Dabei gelten Einflüsse von Schneefall und Schneefallgrenze als verlässlichere Aussagen wie z. B. Niederschläge, insbesondere konvektive Niederschläge, die ausschlaggebend für Hochwasser sind. In Blöschl et al. (2011) wird anhand von Monte-Carlo Simulationen untersucht, wie sich unterschiedliche Verhältnisse von Niederschlag, Lufttemperatur und Abflussbildung auf die Hochwasserbildung auswirken. Die Autoren erkennen zum Beispiel für das Inntal in Österreich ein deutliches Signal einer Erhöhung von Hochwassern durch die Verschiebung der Schneefallgrenze.

Groll (2015) warnt in ihrer Studie zum Klimawandel im Auftrag der Bundestagsfraktion von Bündnis 90 / Die Grünen, dass zukünftig steigende Winterniederschläge zu einer Zunahme von Hochwasser in Nordrheinwestfalen und Süddeutschland führen. Weitere Anmerkungen zum Bereich Hochwasser enthält die Studie nicht.

2.2 Hochwasserschäden in Deutschland

2007 wurde die EU Hochwasserrichtlinie verabschiedet mit dem Ziel „einen Rahmen für die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken zur Verringerung der hochwasserbedingten nachteiligen Folgen“ zu schaffen (EU 2007/60/EG). Landwirtschaftliche Fläche und damit auch landwirtschaftliches Einkommen sind von Hochwasserereignissen unterschiedlich betroffen, da die Auswirkungen nach Art des Hochwasserereignisses (Häufigkeit, Dauer, Höhe und Zeitpunkt) variiert (Morris et al., 2010). Hochwasserbedingte Schäden auf landwirtschaftlichen Flächen können direkt durch Ernteauffälle und zeitweilige Qualitätsverluste der Produkte oder indirekt durch Qualitätsverluste der betroffenen Flächen (Schadstoffeinträge, Abtrag des Oberbodens) auftreten (Jeackel et al., 2009; Gömann et al., 2015). Das Hochwasser im Jahr 2013 hinterließ bedeutende Schäden besonders in Sachsen-Anhalt, Bayern und Sachsen. Die Landwirtschaft war mit einem finanziellen Schaden von rund 300 Mio. Euro betroffen (BMEL, 2015).

Daher hat der Planungsausschuss für Agrarstruktur und Küstenschutz 2015 in Ausführung des Gesetzes über die Gemeinschaftsaufgabe "Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes" weitere Maßnahmen beschlossen, die dem Schutz des landwirtschaftlichen

Produktionspotenzials unter Berücksichtigung der Ziele der EG-Wasserrahmenrichtlinie und der EG-Hochwasserrisikomanagementrichtlinie dienen (BMEL, 2016).

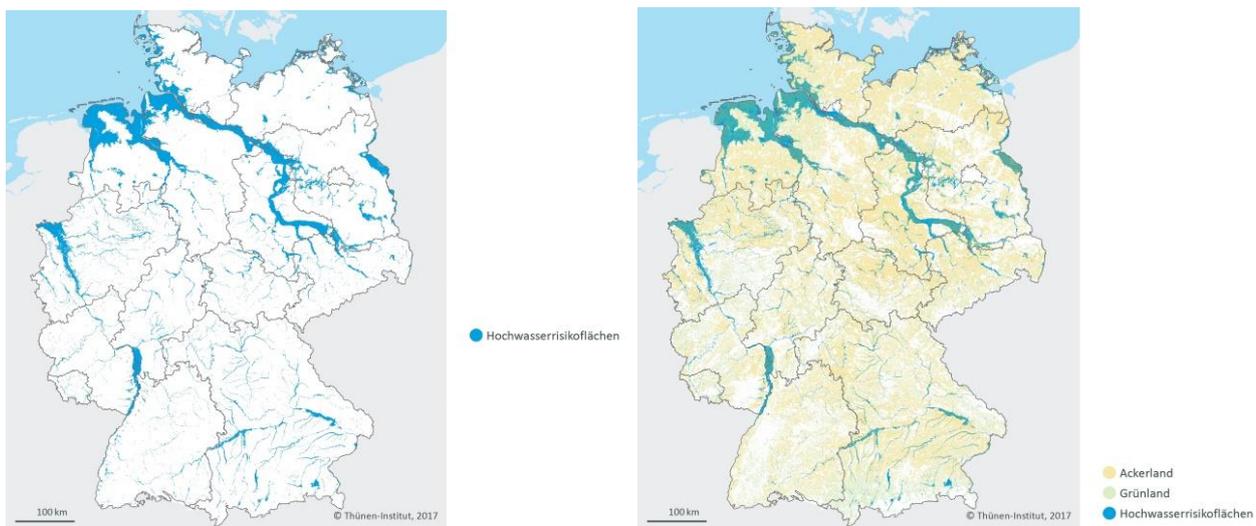
Aus politischer und gesellschaftlicher Sicht sind eine Einordnung der gefährdeten Flächen und eine Ableitung von möglichen Schäden notwendig, um finanzielle Ressourcen einzuplanen und Maßnahmen präventiv einzuleiten. Merz et al. (2010) stellen bisherige Studien über Schadensanalysen von Hochwasserereignissen in der Landwirtschaft zusammen. Sie stellen heraus, dass Hochwasserschäden in der Landwirtschaft häufig geringer ausfallen als für andere Sektoren, weshalb bislang wenig Fokus auf landwirtschaftlichen Schäden lag und Bewertungen lediglich auf einfachen Ansätzen und Abschätzungen beruhen. Für die Abschätzung der Schäden an Gebäuden und Infrastruktur kann auf Modelle zurückgegriffen werden, die bereits für Wohngebiete und den Infrastruktursektor entwickelt wurden (ebd.). Ansätze zur Abschätzung von Überflutungsschäden auf landwirtschaftlichen Flächen reichen von Modellen, die nur zwischen Schäden auf Ackerland und Grünland (LfUG, 2005; Hoes und Schuurmans, 2005) unterscheiden bis zu Modellen, die zwischen verschiedenen Kulturen in der Schadensermittlung differenzieren (Citeau, 2003; Dutta et al., 2003; Förster et al., 2008) (Merz et al., 2010). Für Deutschland nutzen LfUG (2005) eine empirische Studie, um die Schäden zwischen Grünland und Ackerland abzuschätzen; Förster et al. (2008) differenzieren zwischen unterschiedlichen Anbaukulturen für ein Retentionsgebiet an der Elbe. Im Falle eines Hochwasserereignisses benötigt der Katastrophenschutz und die Regierung eine Bewertung des Hochwasserschadens, um Entscheidungen im Haushalt und in der Koordinierung über Schadensausgleich zu treffen (Merz et al., 2010). Bislang ist eine deutschlandweite Abschätzung von potentiellen Schäden auf Basis der im Rahmen der Hochwasserrichtlinie erforderten Risikogebiete nicht vorgenommen worden. Daher analysieren wir zunächst weitere Literaturstudien zur Entwicklung von Hochwassern in Kapitel 2.2 und untersuchen die betroffenen landwirtschaftlichen Flächen in den Hochwasserrisikogebieten der Kategorie HQ M in Kapitel 2.3. Der potentielle Schaden unter einem 100-jährigen Hochwasserereignis in Deutschland wird abgeschätzt, indem der potentiell vorhandene Erlös der Flächen auf Landkreisebene in Deutschland ermittelt wird. Abschließend diskutieren wir anhand einer Szenarioanalyse, wie hoch die Kosten eines Hochwasserereignisses sein können je nach vorhandenen Schäden an den landwirtschaftlichen Kulturen bzw. nach Zeitpunkt des Hochwasserereignisses.

2.3 Analyserahmen

Die potenziellen Überflutungsflächen werden gemäß § 74 im Wasserhaushaltsgesetz (WHG, 2009) definiert. Sie wurden dabei im Rahmen der Hochwasserrahmen-Richtlinie (HWRM-RL) von den Ländern ermittelt und als Datensatz aus den Hochwassergefahrenkarten bereitgestellt. Dieser Datensatz beschreibt das Ausmaß der betroffenen Flächen anhand der Jährlichkeit der statistischen Wiederkehrwahrscheinlichkeit des Hochwasserereignisses. Die von uns verwendeten Wiederkehrwahrscheinlichkeiten entsprechen dabei einem mittleren (HQ M) Hochwasserereignis. Das heißt, dass es sich bei den potenziellen HQ M Überflutungsgebieten um

Flächen handelt, die in einem Zeitraum von 100 Jahren wahrscheinlich erneut überflutet werden können. Das Differenzieren von Hochwasserereignissen nach Jährlichkeiten beruht auf Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen, die sich aus statistischen Auswertungen der Abflüsse eines Flusses aus Daten der Vergangenheit ableiten, die über viele Jahrzehnte beobachtet wurden (Mathan, 2013). Die Überflutungsflächen wurden mittels eines 10 x 10 Meter Punktrasters, das mit 3,6 Mrd. Punkten gesamt Deutschland abdeckt, mit dem Digitalen Landschaftsmodell (DLM, 2015) verschnitten, um die Anteile der landwirtschaftlichen Nutzfläche, differenziert nach Acker- und Grünlandflächen zu berechnen (s. Abbildung 1). In einem weiteren Schritt wurden die Flächen für die Kreise in Deutschland ausgewertet.

Abbildung 1: Hochwasserrisikoflächen von HQ H, HQ M und HQ L (links) und Ackerland und Grünland überdeckt von potenziellen Hochwasserflächen eines HQ H, HQ M und HQ L (rechts)



Quelle: DLM (2015); WASSERBLICK/BFG (2015 a), b)).

Um die potentiellen Schäden auf landwirtschaftlichen Flächen abzuleiten, die im Falle eines HQ M Ereignisses auftreten könnten, wurde die gefährdete Ackerfläche anteilig der durchschnittlichen Ackerfläche in einem Landkreis ermittelt. Anschließend wurden die Ackerkulturen des Landkreises anteilig auf die Fläche im Hochwasserrisikogebiet bezogen. Dazu wurden die Flächennutzungen auf Kreisebene (Gocht et al., 2014; Röder und Gocht, 2013) als Grundlage verwendet. Danach wurden die durchschnittlichen Erträge der jeweiligen Kultur auf Landkreisebene anteilig der HQ M betroffenen Flächen der Kultur sowie die durchschnittlichen Erzeugerpreise je Kultur verrechnet, woraus sich die Aussage zu einem potentiellen Erlösverlust der Landwirtschaft auf Landkreisebene ableiten lässt.

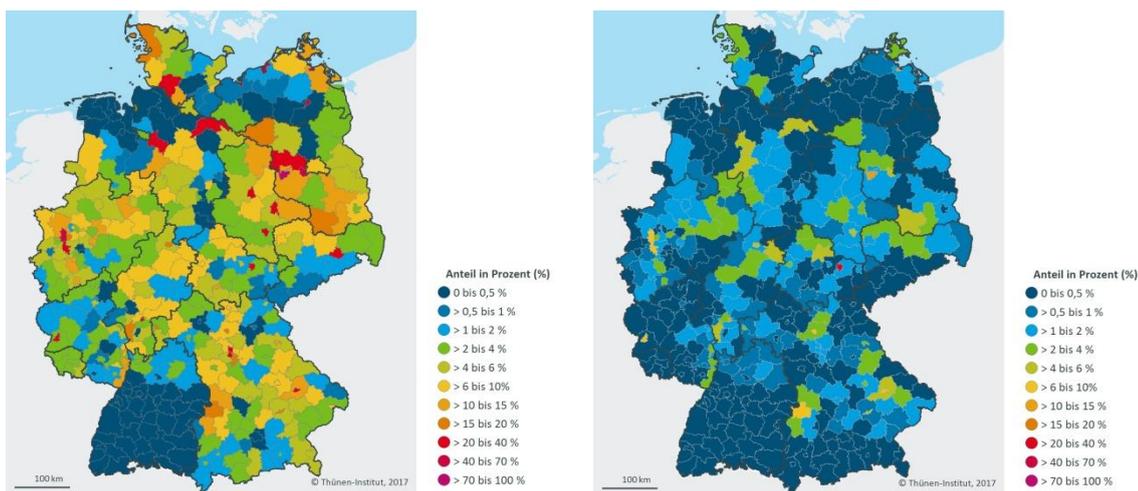
2.4 Ergebnisse

2.4.1 Hochwassergefährdete Flächen landwirtschaftlicher Nutzung

In Deutschland befinden sich etwa 4,7 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) in potenziellen HQ M Gebieten. Dabei sind die Bundesländer unterschiedlich betroffen, auch hinsichtlich der Menge an betroffenen Grünland- und Ackerlandflächen. In Brandenburg befinden sich fast 10 % der LF in HQ M Gebieten, gefolgt von Berlin und Sachsen-Anhalt. Baden-Württemberg, als flächenstarkes Land, hat mit 0,4 % vergleichsweise wenig LF von seiner gesamten LF im HQ M Gebiet. Betrachtet man den betroffenen LF Anteil im Vergleich mit den anderen Bundesländern, so sind Bayern und Brandenburg flächenmäßig am stärksten betroffen.

Abbildung 2 links stellt anteilig die von HQ M potentiell betroffene LF an der gesamten LF auf Landkreisebene dar. Entlang der Einzugsgebiete der großen Flüsse wie Elbe, Donau, Rhein und Weser befindet sich entsprechend der jeweiligen Lage zum Fluss auch ein erhöhter Anteil LF, die sich in einem potenziellen HQ M Gebiet befindet.

Abbildung 2: Anteil überflutungsgefährdeter LF Flächen bei einem HQ M an der gesamten LF (links) und Anteil der von HQ M potentiell betroffenen Getreideflächen am gesamten AL (rechts) auf Kreisebene



Quelle: Eigene Darstellung aus den Ergebnissen der Analyse.

In Deutschland sind ca. 0,31 Mio. ha Ackerland potentiell von einem HQ M betroffen; das sind etwa 2,7 % des gesamten Ackerlandes. Beim Grünland sind es etwa 9 % des gesamten Grünlandes, das sich in einer potenziellen HQ M Region befindet (siehe Tabelle 1). Auch hier gibt es zwischen den Ländern deutliche Unterschiede, wieviel Acker- und Grünlandflächen in einem HQ M Gebiet liegen. Während in Bayern und Brandenburg beispielsweise nur ein Drittel der Fläche in HQ M Gebieten Ackerland ist, werden auf der Hälfte der LF in HQ M Gebieten in Niedersachsen Ackerkulturen angebaut.

Tabelle 1: Potenziell durch ein HQ M überflutungsgefährdete landwirtschaftliche Flächen bezogen auf das Jahr 2010 (LF, AL und GL) auf Bundeslandebene

Bundesland	LF		Anteil LF im HQ M Gebiet		AL		Anteil AL im HQ M Gebiet		GL		Anteil GL im HQ M Gebiet	
	LF im HQ M Gebiet		an LF gesamt	im Bundeslandvergleich	AL im HQ M Gebiet		am gesamten AL des Landes	im Bundeslandvergleich	GL im HQ M Gebiet		am gesamten GL des Landes	im Bundeslandvergleich
	Tsd. ha	Tsd. ha	%	%	Tsd. ha	Tsd. ha	%	%	Tsd. ha	Tsd. ha	%	%
SH	997	65	6,5	8,3	673	27	4,0	8,6	31	38	12,2	8,8
HH	14	1	5,8	0,1	6	0	1,2	0,0	1	1	11,5	0,2
NI	2.579	92	3,6	11,7	1.841	47	2,5	15,0	69	45	6,5	10,3
HB	8	0	3,9	0,0	2	0	0,3	0,0	1	0	4,8	0,1
NW	1.464	82	5,6	10,5	1.050	37	3,5	11,8	39	5	1,2	1,1
HE	767	41	5,3	5,2	468	16	3,5	5,2	28	25	8,7	5,6
RP	706	18	2,5	2,3	391	6	1,6	2,0	23	12	5,1	2,7
BW	1.411	5	0,4	0,6	817	4	0,5	1,3	53	1	0,2	0,2
BY	3.143	145	4,6	18,5	2.000	55	2,7	17,6	107	90	8,5	20,7
SL	156	5	3,0	0,6	70	1	1,1	0,2	4	4	9,9	0,9
BE	3	0	7,6	0,0	2	0	0,0	0,0	0	0	29,1	0,0
BB	1.328	128	9,6	16,3	989	43	4,4	13,8	29	86	30,0	19,7
MV	1.355	50	3,7	6,4	1.059	9	0,9	2,9	26	44	16,6	10,0
SN	914	40	4,4	5,1	716	19	2,7	6,1	19	21	11,3	4,8
ST	1.175	81	6,9	10,3	974	30	3,1	9,7	17	51	30,6	11,8
TH	788	31	4,0	4,0	611	18	3,0	5,8	17	14	8,4	3,3
DE gesamt	16.810	785	4,7	100,0	11.669	313	2,7	100,0	463	436	9,4	100,0

Quelle: Eigene Darstellung aus den Ergebnissen der Analyse.

Schauen wir uns die Ackerflächen genauer an zeigt sich, dass sich etwa ein Prozent der Getreideflächen in Deutschland auf Flächen befindet, die im Falle eines HQ M potentiell durch Überflutung gefährdet sein könnten (Tabelle 2). Werden die angebauten Kulturen in einem Landkreis anteilig auf die HQ M Flächen bezogen, wird auf den insgesamt 313.000 ha Ackerland in HQ M Gebieten Getreide angebaut.

Tabelle 2: Summe der von HQ M potentiell betroffenen Getreideflächen anteilig an der gesamten LF und der von HQ M potenziell betroffenen LF sowie AL auf Landkreisebene

Bundesland	Getreide im HQ M Gebiet	Anteil HQ M Getreideflächen an gesamt LF	Anteil an der Getreidefläche im HQ M Gebiet	Anteil der Getreidefläche im HQ M Gebiet am AL im HQ M Gebiet	Anteil der Getreidefläche im HQ M am gesamt AL der Länder
	ha	%	%	%	%
SH	10.514	8,0	6,4	39,2	1,6
HH	30	0,2	0,0	42,0	0,5
NI	22.019	0,9	13,4	47,1	1,2
HB	2	0,0	0,0	43,2	0,1
NW	19.866	1,4	12,1	53,9	1,9
HE	10.403	1,4	6,3	63,7	2,2
RP	3.170	0,4	1,9	51,8	0,8
BW	2.494	0,2	1,5	62,3	0,3
BY	28.125	0,9	17,2	51,2	1,4
SL	247	0,2	0,2	32,5	0,4
BE	0	0,0	0,0	45,2	0,0
BB	21.965	1,7	13,4	50,8	2,2
MV	4.994	0,4	3,0	54,6	0,5
SN	10.690	1,2	6,5	56,2	1,5
ST	17.907	1,5	10,9	58,9	1,8
TH	11.526	1,5	7,0	63,7	1,9
DE gesamt	163.952	1,0	100,0	52,5	1,4

Quelle: Eigene Darstellung aus den Ergebnissen der Analyse.

2.4.2 Potentielle Erlösverluste

Betrachtet man die unterschiedlichen Kulturen in einem Landkreis und werden diese anteilig auf die HQ M Fläche bezogen und mit dem Durchschnittsertrag je Kultur verrechnet, so ergeben sich die potentiellen Erlöse für das Jahr 2010 auf den HQ M Flächen. Insgesamt würden dabei Erlöse von rund 395 Millionen Euro gefährdet sein. Im Falle eines HQ M Ereignisses im Jahr 2010 ergäbe dies im Durchschnitt einen Erlösverlust von 1.260 €/ha für Ackerflächen bzw. 1.154 €/ha für Getreideflächen (Tabelle 3). Bayern hat mit ca. 28.000 ha Getreide, das sich im Gebiet eines potentiellen HQ M befindet, mit 17 % den größten Anteil von HQ M gefährdeten Getreideflächen im Vergleich zwischen den Bundesländern, die nach unseren Analysen Erlöse von ca. 33.000 € im Jahr 2010 erzielen, gefolgt von Niedersachsen mit 27.000 € und Brandenburg 16.000 €.

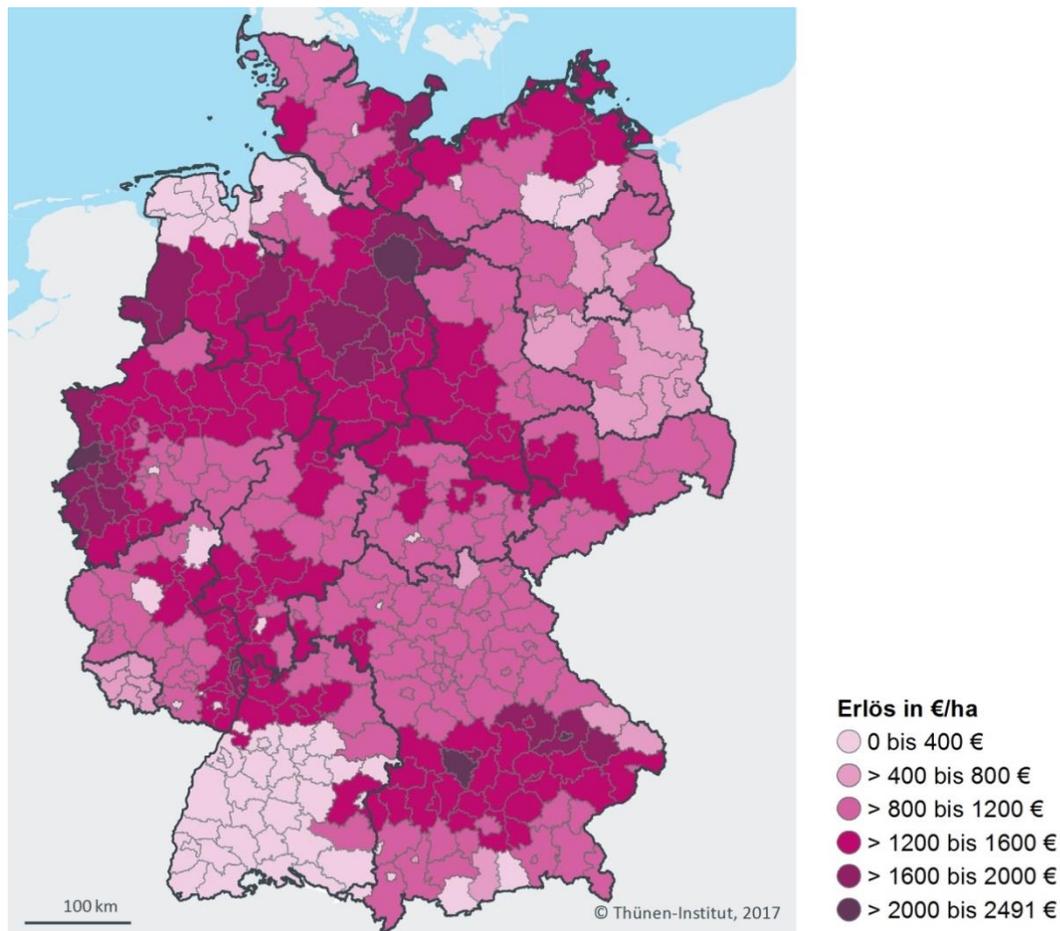
Tabelle 3: Erlösbeträge für Getreide- sowie aller Ackerflächen im HQ M Gebiet (in Tsd. € bzw. €/ha) auf Bundeslandebene

Bundesland	Erlös aller Ackerkulturen im HQ M Gebiet	Erlös des Getreides im HQ M Gebiet	Durchschnittliche Erlöse auf Ackerland	Durchschnittliche Erlöse der Getreideflächen
	Tsd. €	Tsd. €	€/ha	€/ha
SH	23.599	16.287	881	1.549
HH	66	36	935	1.224
NI	63.964	26.941	1.367	1.224
HB	3	2	710	1.123
NW	45.618	25.471	1.237	1.282
HE	19.354	12.936	1.185	1.244
RP	8.355	3.589	1.364	1.132
BW	4.645	2.933	1.159	1.176
BY	63.718	32.757	1.160	1.165
SL	331	253	435	1.024
BE	0	0	591	661
BB	30.420	16.454	704	749
MV	10.885	6.140	1.190	1.229
SN	20.428	11.584	1.073	1.084
ST	35.861	20.909	1.180	1.168
TH	19.463	12.862	1.075	1.116
DE gesamt	346.709	189.155	1.109	1.154

Quelle: Eigene Darstellung aus den Ergebnissen der Analyse.

Abbildung 3 stellt die durchschnittlichen Erlöse pro ha für die einzelnen Kreise im Jahr 2010 dar.

Abbildung 3: Durchschnittlicher Erlös der potentiell von HQ M betroffenen Ackerfläche in €/ha auf potenziellen Gemeindeebenen



Quelle: Eigene Darstellung aus den Ergebnissen der Analyse.

2.4.3 Vergleich der Schadenssummen anderer Studien

Der durchschnittliche Erlös auf Ackerland, der nach unseren Berechnungen (siehe Tabelle 3) auf einem ha im Jahr 2010 auf den HQ M Flächen zu erwirtschaften war, betrug ca. 1.260 €. Der Deutsche Bauernverband hatte im Zuge des Hochwassers 2013 die Annahme getroffen, dass auf einem ha Ackerland mit einem Schadensbetrag von 1.200 € pro Hektar, auf Grünland mit einem Betrag von 700 € pro Hektar auf überfluteten Flächen kalkuliert werden muss (Bauernverband, 2013). Das Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt in Sachsen-Anhalt weist für verschiedene Kulturen durchschnittliche Schadensbeträge für verschiedene landwirtschaftliche Kulturen aus (MLU Sachsen-Anhalt, 2013). Im Durchschnitt über alle aufgeführten Ackerkulturen ergibt sich ein Schadensbetrag von 1.252 €/ha Ackerland, für Grünland 724 €/ha bei Totalverlust. Wird ein durchschnittlicher Schaden auf Grünlandflächen von 700 Euro pro Hektar angenommen, ergibt sich deutschlandweit ein Schaden auf Grünlandflächen von ca. 300 Millionen Euro.

2.4.4 Szenarioanalyse

Die oben aufgeführten Analysen zeigen den potentiellen Erlösverlust auf landwirtschaftlichen Flächen im Falle eines HQ M Ereignisses unter der Annahme, dass 100 % der HQ M Fläche betroffen ist. Sind jedoch nur bis zu 75 % aller potenziell durch HQ M betroffenen Ackerflächen Deutschlands betroffen, würde sich der Erlösverlust auf ca. 295 Mio. € verringern, von denen ca. 142 Mio. € durch Erlösverluste beim Getreide entstehen würden. Bei einem HQ M Ereignis, das 50 % (bzw. 25 %) aller potenziell durch HQ M betroffenen Ackerflächen Deutschlands betreffen würde, würden Erlösverluste von 197 Mio. € (bzw. 99 Mio. €), von denen 94 Mio. € (bzw. 47 Mio. €) durch Erlösverluste beim Getreide auftreten würden.

Die Spannweiten der Erlösverluste für Ackerkulturen reichen nach unseren Szenarien demnach von 99 Mio. € bei der Annahme, das 25 % der HQ M Flächen betroffen sind bis zu 394 Mio. € für den Fall, das 100 % aller Ackerflächen des als HQ M potenziell betroffenen Flächen überflutet werden.

Für ein Szenario eines Hochwassers der Kategorie HQ M, das im September in Deutschland auftritt unter der Annahme das 100 % der potenziellen HQ M Flächen betroffen sind und, dass die in dieser Zeit noch auf dem Acker stehenden Kulturen Zuckerrübe, Silomais und Körnermais durch einen kompletten Ertragsverlust betroffen sind, verursacht einen Erlösverlust von 93 Mio. €.

2.5 Diskussion

Die aufgeführte Analyse zu hochwasserbedingten Schäden in der Landwirtschaft ist nur für eine Einschätzung der Größenordnung von Schäden nutzbar. Insbesondere wurde die durchschnittliche Anbaufläche in einem Landkreis auf die Hochwasserrisikofläche desselben Landkreises übertragen. Es kann davon ausgegangen werden, dass höherwertige Kulturen eher in den Bereichen außerhalb des Risikogebietes der Landkreise angebaut werden, und es hier zu einer Verzerrung der Ableitung von Verlusten nach oben kommt. Die berechneten Schäden sind auf komplette Ernteverluste zurückzuführen und weisen somit einen Maximalwert an Schäden auf. Dieses Szenario wird wahrscheinlich so nicht zutreffen, da Landwirte je nach Hochwasserereignis die Möglichkeit haben, die Fläche weiter zu nutzen oder ein Teil der Erträge zu nutzen. Da die Auswirkungen regional sehr unterschiedlich sein können, ist es interessant, insbesondere für Sonderkulturen (Wein etc.) weitere Untersuchung durchzuführen. Des Weiteren könnte untersucht werden wie ein zukünftiger GAK Hochwasserschutz zur Schadensreduzierung beiträgt.

Merz et al. (2010) schlagen für die Bewertung der ökonomischen Hochwasserschäden im Agrarsektor die Klassifizierung der betroffenen Güter in Ernteverlust, Schäden an Gebäuden, Hausrat, Maschinen, Bodenerosion sowie Verlusten im Viehbestand vor. Da keine Kosten regional

differenziert zu den einzelnen Verfahren je Landkreis zur Verfügung standen, war eine Aufteilung der Bewertung nach Merz et al. (2010) für die Hochwasserrisikogebiete nicht möglich.

Für die Abschätzung von Erlösverlusten wurde beispielhaft das Jahr 2010 herangezogen. In anderen Jahren unterscheiden sich Flächen, Erträge und Erzeugerpreise erheblich vom Jahr 2010, so dass eine Analyse von mehreren Jahren für weitere Forschungsarbeiten geplant ist, um eine Spannbreite über die Jahre abzuleiten. Dies betrifft auch die Ableitung von zukünftig erwartbaren Schäden in der Landwirtschaft durch Hochwasserereignisse. Hierzu ist eine Diskontierung der Schäden notwendig, sowie Informationen über zukünftige Änderungen in der Wahrscheinlichkeit des Eintreffens von Hochwasserereignissen.

Mit der vorliegenden Analyse wurden jedoch erstmals für Deutschland die betroffenen Flächen der Landwirtschaft regional differenziert abgeleitet, ein mögliches Schadenspotenzial quantifiziert sowie eine Spannweite der Schäden durch Szenariorechnungen analysiert. Durch den Vergleich der Ergebnisse mit bisherigen Einschätzungen für Deutschland konnten die Ergebnisse validiert werden.

3 Abschätzung von Schäden ausgewählter Extremwetterlagen bei Ackerbaukulturen

3.1 Vorgehensweise

Die Abschätzung der Ertragswirkungen von Extremwetterereignissen beruht im Wesentlichen auf der im Endbericht zum Projekt „Agrarrelevante Extremwetterlagen“ (Gömann et al., 2015) dargestellten Vorgehensweise. Kleinere Unterschiede zu den im Endbericht dargestellten Ergebnissen für Weizen können sich ergeben aus der Verwendung zusätzlicher neuer Daten sowie methodischer Anpassungen. Im Einzelnen betrifft dies folgende Punkte:

- Bei den historischen Klimadaten wurden vom DWD zusätzliche Beobachtungen für die Jahre 2014 und 2015 bereitgestellt.
- Die Schätzung der Ertragswirkungen in Gömann et al. (2015) basierte auf einer linearen Regression mit Querschnittsdaten auf Gemeindeebene. Für die hier dargestellten Ergebnisse wurden die Schätzungen auf Ebene der Testbetriebe mit einem Fixed-Effects-Panel-Schätzer durchgeführt. Die Schätzung wurde für Weizen, Gerste und Raps analog zu Gömann et al. (2015) für Cluster von Bodenklimaräumen implementiert. Für einige der Cluster (z. B. Voralpen) konnten aufgrund der geringen Zahl von verfügbaren Testbetrieben keine stabilen Koeffizienten geschätzt werden. Für diese Regionen wurde der Koeffizient aus der Schätzung mit allen Testbetrieben verwendet. Für die Kulturen Körnermais, Kartoffeln und Zuckerrüben wurden einheitliche Koeffizienten für alle Regionen geschätzt, da nur so stabile und für alle Regionen plausible Ergebnisse erzielt werden konnten. Die für Deutschland hochgerechneten monetären Schadenswerte unterscheiden sich nur geringfügig von den Ergebnissen eines auf Clusterebene differenzierten Ansatzes, auch wenn kleinräumliche Ergebnisse im Einzelfall abweichen.
- Mit Unterstützung des JKI (Dr. Holger Lilienthal) wurden für ausgewählte Extremwetterereignisse konkrete Schadschwellen für die Klimavariablen identifiziert. Die Schadschwellen wurden bei Bedarf anschließend noch so angepasst, dass im historischen Beobachtungszeitraum (1961-2015) diese Grenzwerte in Deutschland im Schnitt nur ca. alle 15 Jahre überschritten wurden (analog wird der Grenzwert in Deutschland im Jahr im Schnitt auf weniger als 6,6 % der Ackerfläche überschritten).¹
- Als zusätzliche Klimavariablen wurde als Indikator für Trockenheit/Dürre die Bodenwassersättigung in Prozent der nutzbaren Feldkapazität verwendet. In die Berechnung dieses Indikators fließen sowohl Bodeneigenschaften, Niederschlagshöhe als auch Verdunstung durch den Pflanzenbestand ein. Nicht berücksichtigt ist die

¹ Die Ganzzahligkeit der meisten verwendeten Variablen („Anzahl Tage mit Überschreitung des Schwellenwertes“) führt dazu, dass diese Vorgabe nur ungefähr eingehalten werden kann.

Wassernachlieferung durch Grundwasser, so dass die Effekte für grundwassernahe (ferne) Standorte tendenziell überschätzt (unterschätzt) werden.

- Für die Ermittlung der monetären Schäden wurde die regionale Häufigkeit (Gemeindeebene) des Überschreitens der Schadschwellen für die Klimavariablen im historischen Beobachtungszeitraum (1961-2015 bzw. 1986-2015) zugrunde gelegt.

Bei der Interpretation der Ergebnisse sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Mit dem verwendeten Ansatz wird die Differenz des Ertrags (bzw. des Erlöses zu einem fixem Preis) zu einem durchschnittlichen Jahr ausgewiesen. Anpassungen auf der Kostenseite, d. h. höhere oder reduzierte Aufwendungen für erfolgte Anpassungsmaßnahmen, sind ebenso nicht berücksichtigt wie mögliche Produktpreisänderungen als Folge unter- oder überdurchschnittlicher Ernten.
- Die Datenverfügbarkeit erlaubt eine Analyse nur für Durchschnittserträge auf Betriebs- oder Gemeindeebene. Daher ist zu beachten, dass die Vergleichbarkeit zu Versicherungsschäden (die i.d.R. unter Verwendung von Mindestschadschwellen schlagspezifisch ermittelt werden) und Entschädigungsleistungen im Katastrophenfall (die das Überschreiten von Mindestschwellen bzgl. der Schädigung der durchschnittlichen Jahreserzeugung voraussetzen) u. U. eingeschränkt ist.
- Die Extremwettervariablen waren auf Gemeindeebene verfügbar. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass diese Kennzahlen durch Interpolation der Wetterstationsdaten generiert werden. Dies impliziert, dass einzelne historische Extremwetterereignisse u. U. nicht in den Beobachtungsdaten erfasst werden, oder deren Bedeutung durch die Interpolation über- oder unterschätzt werden kann.
- Ökonomische Erklärungsvariablen für die beobachteten Ertragshöhen (z. B. Produkt- oder Vorleistungspreise) werden in den Analysen derzeit nicht explizit berücksichtigt. Mittelfristig wird eine Erweiterung des Erklärungsmodells angestrebt.

3.2 Schadschwellenwerte für Extremwetterlagen

Mit Unterstützung des JKI (Dr. Holger Lilienthal) wurden für ausgewählte Extremwetterereignisse konkrete Schadschwellen für die Klimavariablen identifiziert. Hierzu wurden aus in Gömann et al. (2015) identifizierten Extremwetterereignissen und Schwellenwerten zunächst diejenigen Ereignisse ausgewählt, bei denen a priori die größten Schadwirkungen erwartet wurden und für die Beobachtungsdaten geeigneter Wettervariablen vorlagen. Die konkret verwendeten Wettervariablen wurden bei Bedarf mit Hinblick auf die Datenverfügbarkeit neu definiert. Die Schadschwellen wurden anschließend noch so angepasst, dass im historischen Beobachtungszeitraum (1961-2015) diese Grenzwerte in Deutschland im Schnitt nur ca. alle 15 Jahre überschritten wurden. Die dabei für die Definition eines „Extremwetterereignisses“ gewählte Eintrittshäufigkeit orientiert sich an der in Gömann et al. bei der Schadensabschätzung

verwendetem Wert. Bei der Wahl einer anderen Abgrenzung (z. B. „Jahrhundertereignis“) würde die geschätzte durchschnittliche jährliche Schadwirkung entsprechend anders ausfallen. Einen Überblick über die verwendeten Extremwettervariablen und Schadschwellen geben die Tabellen 4-8.

Tabelle 4: Schwellenwerte für die Abschätzung der Schäden von Extremwetterlagen bei Weizen und Gerste

Agrarrelevante Extremwetterlage	Wertebereich	Indikatoreinheit und Schwellenwert	Zeitraum
Kahlfrost	T Min < - 10°C	Anzahl der Tage ≥ 4	01.10.-30.05.
Nässe zur Saat	Regensumme innerhalb von 4 Tagen > 12mm	Anzahl der Tage ≥ 19	01.10.-15.11.
Nässe zur Ernte	Regensumme innerhalb 4 Tagen > 8 mm	Anzahl der Tage ≥ 26	10 Tage vor bis 30 Tage nach Vegetationsende
Trockenheit zum Vegetationsbeginn	Niederschlag < 0,1 mm	Anzahl der Tage ≥ 23	10 Tage vor bis 20 Tage Vegetationsbeginn
Dürre	Extremer Trockenstress (Berechnete Wasserverfügbarkeit minimal)	Anzahl der Tage ≥ 18	01.04.-30.06.
Hitze zur Blüte	T Max > 30° C	Anzahl der Tage ≥ 2	05.05.-15.06.

Quelle: Eigene Berechnungen.

Tabelle 5: Schwellenwerte für die Abschätzung der Schäden von Extremwetterlagen bei Raps

Agrarrelevante Extremwetterlage	Wertebereich	Indikatoreinheit und Schwellenwert	Zeitraum
Kahlfrost	T Min < -15°C	Anzahl der Tage ≥ 1	01.10.-30.5.
Spätfrost	T Min < -4°C	Anzahl der Tage ≥ 2	01.04.-30.05.
Wechselfrost	T Min <=-3°C und T Max >= 3°C	Anzahl der Tage ≥ 8	01.01.-30.4.
Starkregen	Niederschlag > 20 mm / Tag *)	Anzahl der Tage ≥ 2	15.05.-01.08.
Nässe zur Ernte	Regensumme innerhalb von 4 Tagen > 8 mm	Anzahl der Tage ≥ 22	01.07.-31.07.
Dürre		Niederschlag ≤ 56 mm	15. Apr. – 15. Jun.
Hitze	T Max > 30° C	Anzahl der Tage ≥ 1	01.05.-30.05.

*) Für das ursprünglich definierte Niederschlagsereignis ">20mm/6h" waren keine Daten verfügbar.

Quelle: Eigene Berechnungen.

Tabelle 6: Schwellenwerte für die Abschätzung der Schäden von Extremwetterlagen bei Kartoffeln

Agrarrelevante Extremwetterlage	Wertebereich	Indikatoreinheit und Schwellenwert	Zeitraum
Spätfrost	T Min < -4°C	Anzahl der Tage ≥ 2	01.04.-30.05.
Staunässe	Berechnetes Bodenwasser > 100 % der nFK	Anzahl der Tage ≥ 35	01.04.-01.10.
Starkregen	Niederschlag > 20 mm / Tag *)	Anzahl der Tage ≥ 2	01.04.-30.05.
Frühjahrstrockenheit		Niederschlag ≤ 47 mm	01.04.-30.05.
Sommertrockenheit		Niederschlag ≤ 103 mm	01.06.–31.08.

*) Für das ursprünglich definierte Niederschlagsereignis ">20mm/6h" waren keine Daten verfügbar.

Quelle: Eigene Berechnungen.

Tabelle 7: Schwellenwerte für die Abschätzung der Schäden von Extremwetterlagen bei Körnermais

Agrarrelevante Extremwetterlage	Wertebereich	Indikatoreinheit und Schwellenwert	Zeitraum
Spätfrost	T Min < -4°C	Anzahl der Tage ≥ 2	01.04.-30.05.
Staunässe	Berechnetes Bodenwasser > 100 % der nFK	Anzahl der Tage ≥ 35	01.04.-31.10
Dauerregen zur Ernte	Niederschlag > 5 mm zur Ernte	Anzahl der Tage ≥ 8	01.10.-31.10
Starkregen	Niederschlag > 20 mm / Tag *)	Anzahl der Tage ≥ 3	15.06.-31.10
Trockenheit Frühjahr		Niederschlag ≤ 28 mm	15.03.-30.04.
Trockenheit Spätsommer		Niederschlag ≤ 60 mm	Juli – August
Trockenheit später Frühling/Frühsummer		Niederschlag ≤ 60 mm	Mai – Juni
Hitze	T Max > 28° C	Anzahl der Tage ≥ 14	15.07.-15.08.

*) Für das ursprünglich definierte Niederschlagsereignis ">20mm/6h" waren keine Daten verfügbar.

Quelle: Eigene Berechnungen.

Tabelle 8: Schwellenwerte für die Abschätzung der Schäden von Extremwetterlagen bei Zuckerrüben

Agrarrelevante Extremwetterlage	Wertebereich	Indikatoreinheit und Schwellenwert	Zeitraum
Dürre		Niederschlag ≤ 136 mm	Juni – September

Quelle: Eigene Berechnungen.

3.3 Ergebnisse

3.3.1 Schätzung der Ertragswirkungen ausgewählter Extremwettervariablen

Die geschätzten Koeffizienten für die Ertragswirkungen ausgewählter Extremwettervariablen für verschiedene Kulturen sind in den Tabellen 9-14 dargestellt. Berücksichtigt wurden nur Koeffizienten, die statistisch bei $\alpha = 0,05$ signifikant sind.

Bei Weizen fallen die Schätzergebnisse zu den Ertragswirkungen von Extremwetterereignissen (Tabelle 9) sehr ähnlich zu den bereits in Gömann et al. dargestellten Ergebnissen aus.² Insgesamt konnte die Anzahl der signifikanten Koeffizienten für negative Ertragswirkungen noch weiter erhöht werden. Für Kahlfröste wurden bspw. für alle Regionen mit Ausnahme der norddeutschen Küstenregion signifikante negative Ertragswirkungen in der Größenordnung von 0,3 bis 1,5 dt je Tag Kahlfröste geschätzt. Ebenso weisen die Anzahl der Tage ohne Niederschlag zum Vegetationsbeginn in fast allen Regionen eine Ertragswirkung auf. Für Trockenheit/Dürre, die über einen auf dem Bodenwassergehalt basierenden Indikator charakterisiert wurden, führen insbesondere Tage mit extrem niedrigen Werten (Dürre) zu deutlichen Ertragseinbußen.

² Für „Hitzetage“ sind die Koeffizienten nicht direkt vergleichbar, da unterschiedliche Temperaturschwellen für die Definition herangezogen worden.

Tabelle 9: Schätzergebnisse zu den Ertragswirkungen von Extremwetterereignissen bei Weizen

Boden-Klima-Räume	Inter- cept	Prozen- tualer Trend	Nässe- tage Saat	Tage mit Kahl- frost	Tage ohne Niederschlag zum Vegeta- tionsbeginn	Hitze- tage zur Blüte	Nässe- tage Ernte	Trocken- heit	Dürre
	lin	%/Jahr	lin	lin	lin	lin	lin	lin	lin
Mitte_Osten	69,7	0,87	-0,32	-0,32	-0,19	-1,44	-0,07	-0,05	-0,25
Nord_Osten_BB	66,4	0,98	-0,25	-0,54	-0,24	-2,20	-0,16	-0,06	-0,28
Nord_Osten_MV	74,9	0,95	n.s.	-1,35	-0,31	-3,73	-0,20	0,07	-0,29
Oberes_Rheintal	77,3	1,02	0,18	-0,79	-0,22	n. s.	n. s.	-0,06	-0,34
Donau_Intal	66,1	0,81	n. s.	-0,47	-0,16	-0,67	n. s.	-0,09	n. s.
Uebergangs_Lagen	64,4	0,66	n. s.	-0,96	-0,11	-0,55	n. s.	-0,05	-0,33
Sued_Westliche_Mittelgebirge	49,0	0,92	0,12	-0,51	-0,23	1,62	0,08	-0,04	-0,16
Westliche_Mittelgebirge	57,7	0,71	-0,09	-0,81	n. s.	2,00	-0,14	n. s.	n. s.
Hannover_Hildesheim	96,3	0,13	-0,11	-0,75	-0,43	-1,20	-0,30	0,10	-0,26
Leichte_Boeden_Nordwest	88,9	0,97	-0,14	-0,23	-0,30	n. s.	-0,17	0,04	-0,39
Rheinische_Hessische_Ackerbaugebiete	59,3	0,70	-0,12	-0,56	-0,10	n. s.	-0,13	0,02	-0,18
Norddeutsche_Kuestenregion	89,1	0,55	-0,15	0,46	-0,50	1,26	-0,38	0,09	-0,11
Deutschland/Restliche Regionen	57,2	0,66	-0,06	-0,58	-0,17	-1,11	-0,09	n. s.	-0,22

Quelle: Eigene Berechnungen.

Ähnliche Ergebnisse wurden für viele Koeffizienten für die Ertragswirkungen von Extremwetterereignissen bei Gerste geschätzt (Tabelle 10). Allerdings wurden für weniger Regionen statistisch signifikante Ertragswirkungen von Trockenperioden geschätzt.

Tabelle 10: Schätzergebnisse zu den Ertragswirkungen von Extremwetterereignissen bei Gerste

	Inter- cept	Prozen- tualer Trend	Nässe- tage Saat	Tage mit Kahl- frost	Tage ohne Niederschlag zum Vegeta- tionsbeginn	Hitze- tage zur Blüte	Nässe- tage Ernte	Trocken- heit	Dürre
Boden-Klima-Räume	lin	%/Jahr	lin	lin	lin	lin	lin	lin	lin
Mitte_Osten	69,7	0,67	-0,29	-0,86	-0,31	-2,19	-0,14	-0,03	-0,22
Nord_Osten_BB	78,2	0,84	-0,68	-1,16	-0,33	-2,80	n. s.	n. s.	-0,32
Nord_Osten_MV	82,4	0,88	-0,56	-1,08	-0,44	-5,61	-0,26	0,05	-0,19
Oberes_Rheintal	58,5	0,81	0,15	n. s.	-0,23	0,57	n. s.	n. s.	-0,22
Donau_Intal	61,6	0,74	0,08	-0,41	-0,10	-0,74	-0,10	-0,08	n. s.
Uebergangs_Lagen	62,7	0,50	0,03	-0,69	-0,18	-0,73	0,06	-0,05	-0,27
Sued_Westliche_Mittelgebirge	50,3	0,86	0,11	-0,29	-0,21	1,12	n. s.	n. s.	n. s.
Westliche_Mittelgebirge	59,9	0,66	-0,07	-0,75	-0,14	1,04	-0,23	n. s.	n. s.
Leichte_Boeden_Nordwest	80,3	0,71	-0,11	n. s.	-0,30	-0,87	-0,12	n. s.	-0,18
Rheinische_Hessische_Ackerbaugebiete	54,7	0,73	-0,09	-0,57	-0,23	-0,49	-0,14	n. s.	n. s.
Norddeutsche_Kuestenregion	86,1	0,86	-0,19	1,02	-0,56	n. s.	-0,51	n. s.	n. s.
Deutschland/Restliche Regionen	51,8	0,63	-0,06	-0,56	-0,22	-1,50	-0,10	-0,01	-0,16

Quelle: Eigene Berechnungen.

Während für Kahlfrost nur für einige Regionen signifikante negative Ertragswirkungen bei Raps geschätzt wurden (Tabelle 11), sind Spät- und Wechselfrostereignisse in fast allen Regionen ertragswirksam. Auch für den Indikator „Tage mit Starkniederschlag“ wurden deutliche negative Ertragswirkungen identifiziert, während der Indikator „Hitzetage“ entgegen der Erwartung eher positive Ertragswirkungen aufweist, was möglicherweise auf eine Korrelation mit anderen, sich günstig auswirkenden, Klimabedingungen (z. B. Wärmesumme in der Vegetationszeit) hinweist.

Tabelle 11: Schätzergebnisse zu den Ertragswirkungen von Extremwetterereignissen bei Raps

	Intercept	Prozentualer Trend	Tage mit Kahlfrost	Tage mit Spätfrost	Tage mit Wechsel-frost	Tage mit Starkniederschlag	Hitze-tage	Nässe-tage Ernte	Niederschlag	
	lin	%/Jahr	lin	lin	lin	lin	lin	lin	lin	sqr
Boden-Klima-Räume										
Mitte_Osten	40,1	0,16		-1,04	-0,56	-2,08	0,90	0,07		
Nord_Osten_BB	31,2	0,85		-1,58	-0,77	-1,71		0,15	0,08	
Nord_Osten_MV	37,1	0,83		-1,57	-0,78	-1,89	2,58	-0,12	0,14	-0,0010
Oberes_Rheintal	14,9	0,39	-0,82	-1,34	0,25			-0,15	0,36	-0,0012
Uebergangs_Lagen	30,1		-0,76	-0,97	-0,25	-0,88		-0,06	0,18	-0,0004
Sued_Westliche_Mittelgebirge	12,8	0,33	-2,96	-1,51					0,37	-0,0013
Leichte_Boeden_Nordwest	24,5	1,14			-0,30	-0,99	2,56		0,24	-0,0013
Rheinische_Hessische_Ackerbaugebiete	22,0	1,37	-2,32	-1,26					0,36	-0,0015
Norddeutsche_Kuestenregion	44,7	0,89		-2,08	0,42	-2,65	3,12	-0,19	-0,13	0,0007
Deutschland/Restliche Regionen	29,2	0,48	-0,54	-1,13	-0,34	-1,84	0,50	-0,05	0,04	

Quelle: Eigene Berechnungen.

Für Körnermais konnten für die Ereignisse „Dauerregen zur Ernte“, „Starkregen“ und „Trockenheit im Frühjahr“ keine signifikanten Ertragswirkungen bestimmt werden (Tabelle 12). Für alle anderen Extremwetterereignisse weisen die Koeffizienten die erwarteten negativen Vorzeichen auf. Die Niederschlagsvariablen haben wie erwartet ein positives Vorzeichen für den linearen Term (mehr Niederschlag wirkt ertragserhöhend) und ein negatives Vorzeichen beim quadratischen Term (der Ertragszuwachs nimmt ab, und zu viel Niederschlag wirkt sich negativ auf die Erträge aus).

Tabelle 12: Schätzergebnisse zu den Ertragswirkungen von Extremwetterereignissen bei Körnermais

	Intercept	Prozentualer Trend	Tage mit Spätfrost	Hitze-tage	Stau-nässe	Niederschlag		Dauer-regen zur Ernte	Stark-regen	Trocken-heit Früh-jahr		
						01.05.-30.06.	01.07.-30.08					
	lin	%/Jahr	lin	lin	lin	lin	sqr	lin	lin	lin		
Körnermaisertrag	59,4	1,24	-1,57	-0,45	-0,18	0,05	-0,0001	0,10	-0,0002	n. s.	n. s.	n. s.

Quelle: Eigene Berechnungen.

Für Kartoffeln konnte für das Ereignisse „Starkregen“ keine signifikante Ertragswirkung bestimmt werden (Tabelle 13). Für alle anderen Extremwetterereignisse weisen die Koeffizienten die erwarteten negativen Vorzeichen auf. Die Niederschlagsvariablen haben in beiden betrachteten Vegetationszeiträumen wie erwartet ein positives Vorzeichen für den linearen Term (mehr

Niederschlag wirkt ertragserhöhend) und ein negatives Vorzeichen beim quadratischen Term (der Ertragszuwachs nimmt ab, und zu viel Niederschlag wirkt sich negativ auf die Erträge aus).

Tabelle 13: Schätzergebnisse zu den Ertragswirkungen von Extremwetterereignissen bei Kartoffeln

	Inter- cept	Prozen- tualer Trend	Tage mit Kahlfrost	Niederschlag				Stau- nässe	Stark- regen
				01.04.-30.05.		01.06.-30.08.			
				lin	sqr	lin	sqr		
Kartoffelertrag	218,4	0,64	-6,88	0,42	-0,004	0,67	-0,001	-0,50	n. s.

Quelle: Eigene Berechnungen.

Für Zuckerrüben wurde nur die Variable „Niederschlag im Zeitraum 01.05.-30.09.“ untersucht. Die Koeffizienten weisen auch hier das erwartete Vorzeichen auf (Tabelle 14).

Tabelle 14: Schätzergebnisse zu den Ertragswirkungen von Extremwetterereignissen bei Zuckerrüben

	Intercept	Prozentualer Trend	Niederschlag 01.05.-30.09.	
	lin	%/Jahr	lin	sqr
Zuckerrübenenertrag	206,8	1,63	1,71	-0,003

Quelle: Eigene Berechnungen.

3.3.2 Abschätzung der Erlösverluste / monetärer Schäden

Bei der Berechnung der Ertragsverluste durch Extremwetterereignisse wurden die geschätzten Koeffizienten mit der historisch beobachteten Häufigkeit des jeweiligen Extremwetterereignisses auf Gemeindeebene multipliziert, und die Differenz zur Ertragswirkung bei durchschnittlicher Ausprägung der Wettervariablen in der jeweiligen Gemeinde gebildet. Dies bedeutet, dass ausgewiesene Ertragswirkungen eines Extremwetterereignisses sich immer nur auf die Abweichung zu einem „normalen“ Jahr beziehen.³ Die Ergebnisse wurden anschließend unter der Berücksichtigung des Ackerflächenfangs auf die Ebene der RAUMIS-Regionen und für Deutschland aggregiert.

³ Beispiel: Wurden in einer Gemeinde im Jahr 2000 sechs Kahlfrosttage beobachtet, während dort im langjährigen Mittel vier Kahlfrosttage beobachtet wurden, so ergibt sich der Ertragsverlust im Jahr aus der Differenz von zwei Kahlfrosttagen mal dem geschätzten Koeffizienten.

Für die Ermittlung der Erlösverluste wurden die ermittelten Ertragsverluste je ha mit dem jeweiligen regionalen Anbauumfang multipliziert und mit dem Durchschnittspreis der Jahre 2011-2015 bewertet. Für die Kulturen Weizen, Gerste und Raps wurde für extreme Kahlfrostergebnisse zudem unterstellt, dass 25 % der ausgesäten Flächen umgebrochen und neu eingesät werden müssen. Als Kosten wurden 500 € /ha angesetzt.

3.3.2.1 Gesamte Erlösverluste in Deutschland

Die Erlösverluste je ha aufgrund von Extremwetterereignissen wurden mit den regionalen Anbauumfängen (Zeitraum 2009-2011) multipliziert und anschließend aufsummiert, um zu einer Abschätzung der Schadenssumme für ganz Deutschland zu gelangen. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 15 bis 20 dargestellt.

Bei **Winterweizen** stellen die Verluste aufgrund von Kahlfrostartextremereignissen mit ca. 30 Mio. €/Jahr den wichtigsten der untersuchten Schäden dar, was auch auf die Berücksichtigung der Verluste aufgrund von Auswinterung zurückzuführen ist. Auch Trockenheit/Dürre zu unterschiedlichen Zeiten des Vegetationsverlaufes sowie extreme Hitze in der Blütezeit führen zu deutlichen Schäden auf sektoraler Ebene. In der Summe lagen die berechneten Schäden aufgrund von Trockenheit/Dürre/Hitze bei ca. 40 Mio. €/Jahr. Alle untersuchten Extremereignisse zusammen summieren sich auf 78 Mio. €/Jahr auf. Dieser Wert liegt bei 95 Mio. €/Jahr, wenn die Extremwetterhäufigkeit des 30-Jahres-Zeitraum 1986-2015 zugrunde gelegt wird, was insbesondere auf den Anstieg der Kahlfrostschäden, aber auch häufigere extrem nasse Perioden zu Saat- und Erntezeit zurückzuführen ist. Ob Kahlfrostschäden in der Zukunft zunehmen, lässt sich hieraus aber nicht schließen.⁴

⁴ Für eine ausführliche Diskussion zur Entwicklung der zukünftigen Eintrittswahrscheinlichkeit von Extremwetterereignissen vor dem Hintergrund des Klimawandels siehe Gömann et al. (2015).

Tabelle 15: Abschätzung der monetären jährlichen Schäden bei Winterweizen durch Extremwetterereignisse mit einer Wiederkehrhäufigkeit alle 15 Jahre

	Basis für Abschätzung der Häufigkeit des Extremwetterereignisses	
	1961-2015	1986-2015
	Mio. €/Jahr	
Kahlfrost	30	42
Nässe zur Saat	5	6
Nässe zur Ernte	4	6
Trockenheit zum Vegetationsbeginn	8	7
Dürre	17	17
Hitze zur Blüte	14	17
Hitze und Trockenheit gesamt	40	41

Quelle: Eigene Berechnungen.

Die Situation bei **Wintergerste** stellt sich insgesamt recht ähnlich dar. Die Ertragswirkung von Kahlfrostextremereignissen fällt etwas geringer aus als bei Winterweizen, trotzdem stellt auch hier Kahlfrost mit einem berechneten Schaden von 12 Mio. €/Jahr das wichtigste der untersuchten Extremereignisse dar. In der Summe lagen die berechneten Schäden aufgrund von Trockenheit/Dürre/Hitze bei ca. 16 Mio. €/Jahr. Alle untersuchten Extremereignisse zusammen summieren sich auf 36 Mio. €/Jahr auf (41 Mio. €/Jahr, wenn die Extremwetterhäufigkeit des 30-Jahres-Zeitraums 1986-2015 zugrunde gelegt wird).

Tabelle 16: Abschätzung der monetären jährlichen Schäden bei Wintergerste durch Extremwetterereignisse mit einer Wiederkehrhäufigkeit alle 15 Jahre

	Basis für Abschätzung der Häufigkeit des Extremwetterereignisses	
	1961-2015	1986-2015
	Mio. €/Jahr	
Kahlfrost	12	16
Nässe zur Saat	2	2
Nässe zur Ernte	2	3
Trockenheit zum Vegetationsbeginn	4	3
Dürre	8	8
Hitze zur Blüte	8	10
Hitze+ Trockenheit gesamt	16	17

Quelle: Eigene Berechnungen.

Für **Winterraps** ergeben sich nach den Schätzungen mit 16 Mio. €/Jahr erhebliche Verluste aufgrund von Starkregenereignissen, wobei diese allerdings regional sehr unterschiedlich ausfallen (vgl. Kapitel 3.3.3.2). Insbesondere Spät- und Wechselfröste führen zu reduzierten Erlösen (10 bzw. 8 Mio. €/Jahr). Trockenheitsschäden aufgrund extrem geringer Niederschlags-

mengen im Zeitraum Mitte April bis Mitte Juni summieren sich auf weitere 8 Mio. €/Jahr. Alle untersuchten Extremereignisse zusammen summieren sich auf 47 Mio. €/Jahr auf. Dieser Wert steigt auf 64 Mio. €/Jahr, wenn die Extremwetterhäufigkeit des 30-Jahres-Zeitraums 1986-2015 zugrunde gelegt wird, was insbesondere auf den Anstieg von Wechselfrostereignissen und Starkregenereignisse zurückzuführen ist.

Tabelle 17: Abschätzung der monetären jährlichen Schäden bei Winterraps durch Extremwetterereignisse mit einer Wiederkehrhäufigkeit alle 15 Jahre

	Basis für Abschätzung der Häufigkeit des Extremwetterereignisses	
	1961-2015	1986-2015
	Mio. €/Jahr	
Kahlfrost	3	4
Spätfrost	10	16
Wechselfrost	8	11
Starkregen	16	21
Dürre	8	10
Nässe zur Ernte	2	2

Quelle: Eigene Berechnungen.

Für **Körnermais** ergeben sich insgesamt Schäden von ca. 12 Mio. €/Jahr. Die bedeutendsten Extremwetterereignisse sind in diesen Zusammenhang extrem viele Tage mit Staunässe (ca. 5 Mio. €/Jahr) bzw. mit Hitze (ca. 4 Mio. €/Jahr).

Tabelle 18: Abschätzung der monetären jährlichen Schäden bei Körnermais durch Extremwetterereignisse mit einer Wiederkehrhäufigkeit alle 15 Jahre

	Basis für Abschätzung der Häufigkeit des Extremwetterereignisses	
	1961-2015	1986-2015
	Mio. €/Jahr	
Spätfrost	1,1	1,6
Staunässe	4,9	4,1
Trockenheit später Frühling/Frühsummer	1,7	0,9
Trockenheit Spätsommer	0,4	0,5
Hitze	3,6	5,8

Quelle: Eigene Berechnungen.

Bei **Kartoffeln** haben Schäden aufgrund von extremer Sommertrockenheit die größte Bedeutung für Betriebe ohne Bewässerung, gefolgt von Ertragsverlusten aufgrund von Spätfrösten und Staunässe. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass die Verluste aufgrund von Trockenheit

überschätzt werden, da viele Betriebe mit Kartoffelanbau bewässern, insbesondere in Niedersachsen.

Tabelle 19: Abschätzung der monetären jährlichen Schäden bei Kartoffeln durch Extremwetterereignisse mit einer Wiederkehrhäufigkeit alle 15 Jahre

	Basis für Abschätzung der Häufigkeit des Extremwetterereignisses	
	1961-2015	1986-2015
	Mio. €/Jahr	
Spätfrost	2,3	4,0
Staunässe	1,8	1,1
Frühjahrstrockenheit	0,04	0,06
Sommertrockenheit	5,8	2,0

Quelle: Eigene Berechnungen.

Für **Zuckerrüben** konnten Schäden nur für das Ereignis ‚Extreme Sommertrockenheit‘ bestimmt werden. Diese belaufen sich auf ca. 7 Mio. €/Jahr, gehen jedoch auf ca. 3 Mio. €/Jahr zurück, wenn die Extremwetterhäufigkeit des 30-Jahres-Zeitraums 1986-2015 zugrunde gelegt wird.

Tabelle 20: Abschätzung der monetären jährlichen Schäden bei Zuckerrüben durch Extremwetterereignisse mit einer Wiederkehrhäufigkeit alle 15 Jahre

	Basis für Abschätzung der Häufigkeit des Extremwetterereignisses	
	1961-2015	1986-2015
	Mio. €/Jahr	
Dürre	6,8	2,9

Quelle: Eigene Berechnungen.

3.3.2.2 Regionale Erlösverluste

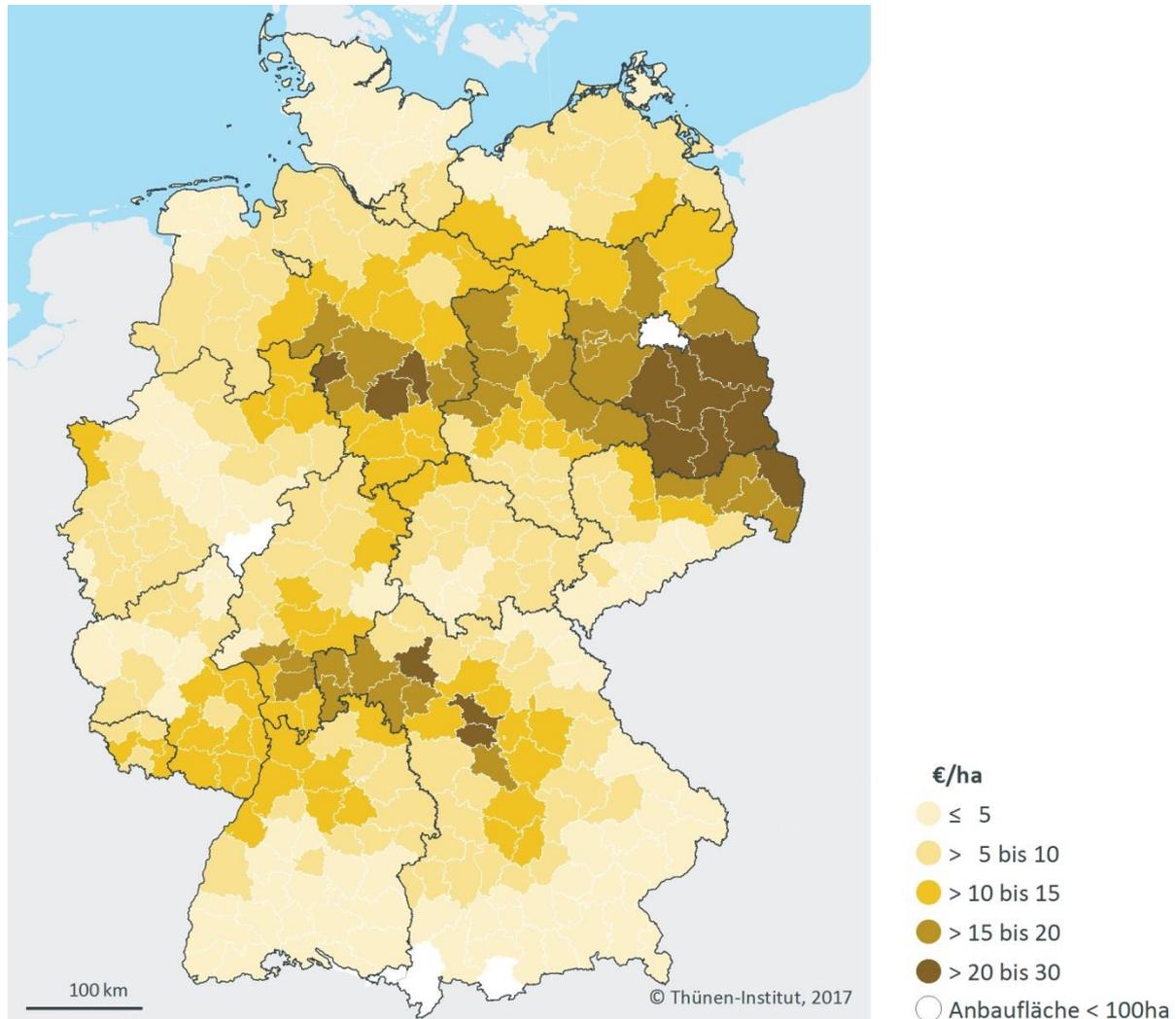
Winterweizen

Abbildung 4 gibt einen Überblick über die regionalen Unterschiede der bei Kahlfrostartextremereignissen zu erwartenden Schäden je ha bei Winterweizen.⁵ Auffällig sind die

⁵ Unterschiede zu der Abbildung 3.17 in Gömann et al. (2015) sind u. a. darauf zurückzuführen, dass in Abbildung 4 nur die zusätzlich bei extremen Kahlfrostartextremereignissen zu erwartenden Schäden dargestellt sind (d. h. die Differenz zu Schäden zu Kahlforst, die in den Regionen durchschnittlich zu erwarten sind).

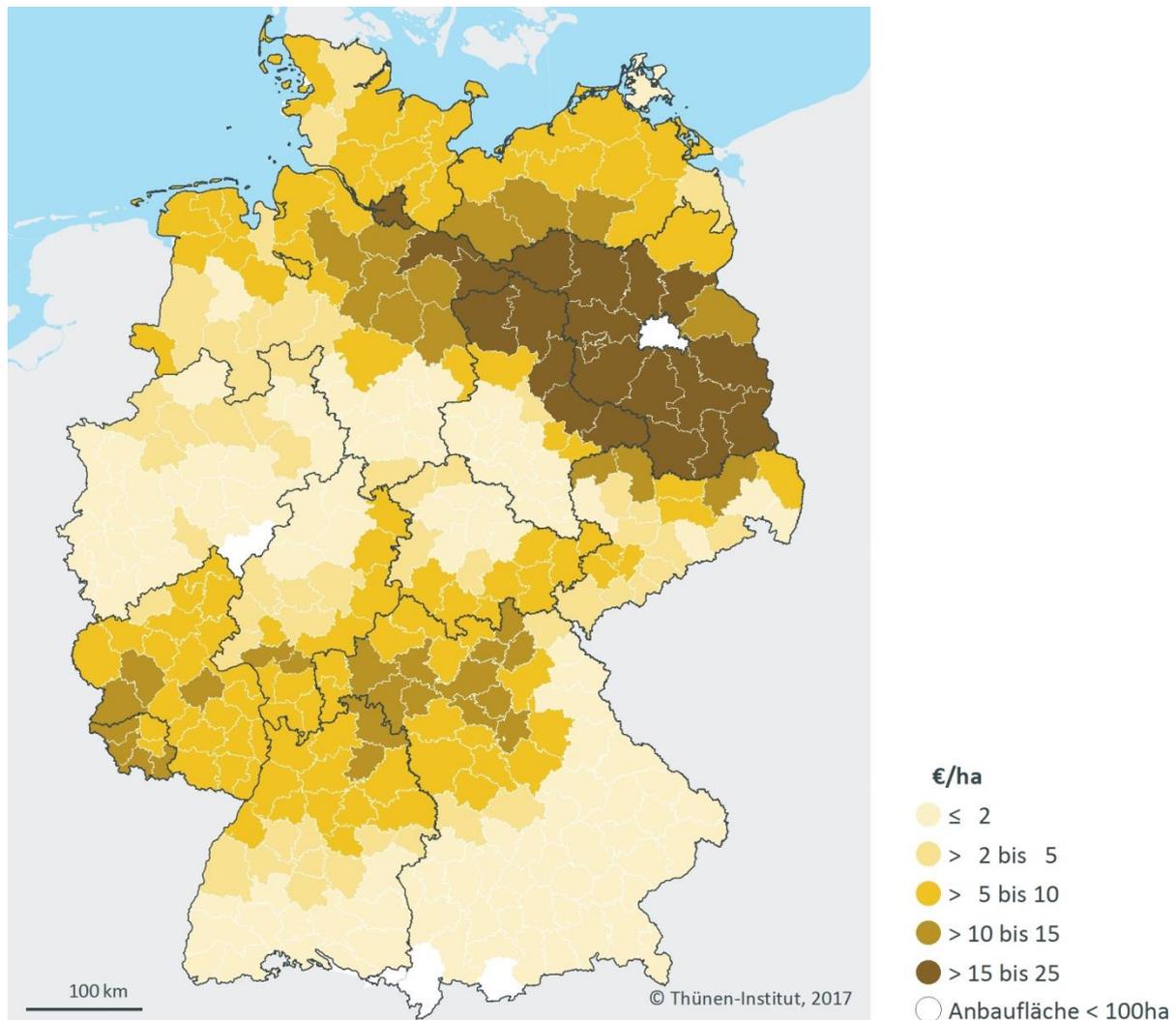
überdurchschnittlichen hohen Kosten in den besonders kahlrostgefährdeten Regionen des norddeutschen Flachlandes sowie einigen Regionen Nordbayerns.

Abbildung 4: Regionale durchschnittliche jährliche Verluste durch extreme Kahlfrostergebnisse bei Winterweizen auf regionaler Ebene (mittlere jährliche Erlösverluste und Kosten für die Neuansaat)



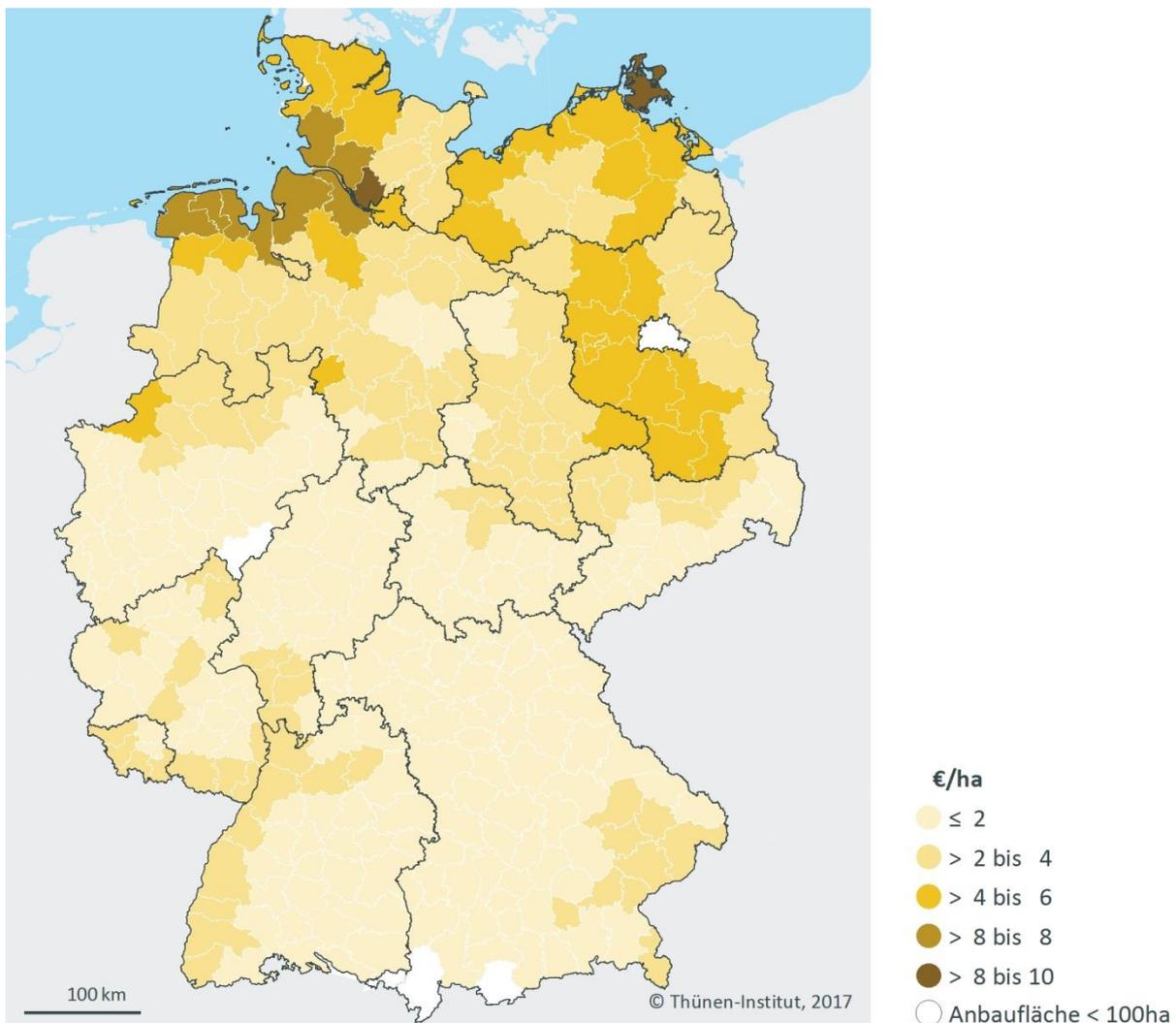
Nach den Schätzergebnissen für Dürreschäden liegen regionale Schwerpunkte vor allem in Brandenburg, den südlichen Regionen Mecklenburg-Vorpommerns, Teilen Sachsens, Sachsen-Anhalts und Niedersachsens sowie in einem Streifen der sich vom Saarland über Rheinland-Pfalz und nördliche Regionen in Baden-Württemberg und Bayern zieht (Abbildung 5).

Abbildung 5: Regionale durchschnittliche jährliche Verluste durch Dürre bei Winterweizen



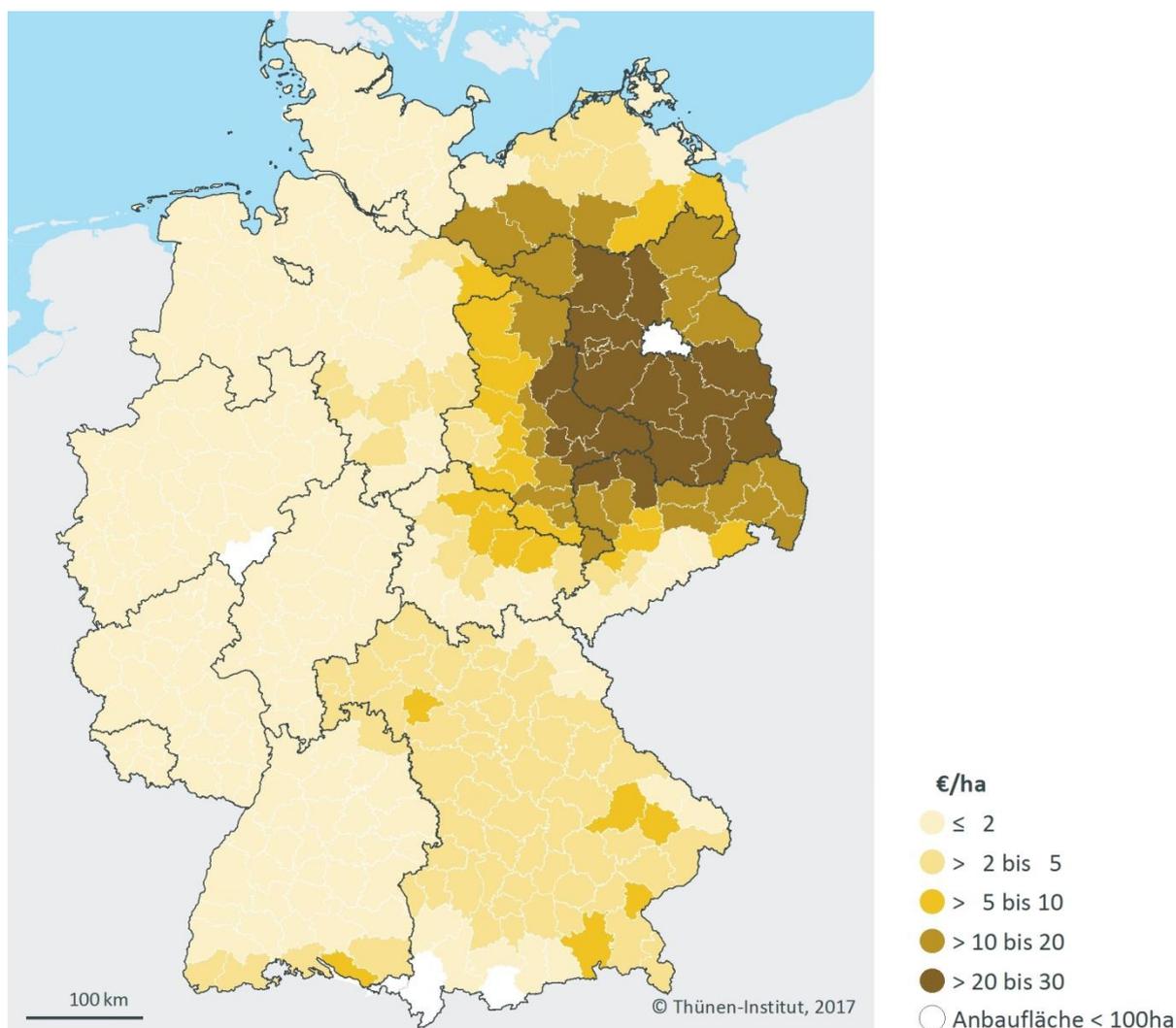
Bei den in Abbildung 6 dargestellten Verlusten durch eine hohe Anzahl von Tagen ohne Niederschlag zum Vegetationsbeginn bei Winterweizen fallen die vergleichsweise hohen geschätzten Schäden in den eher feuchten Regionen Nordwestdeutschlands auf. Dies ist zum einen mit der Höhe des geschätzten regionalen Koeffizienten für die Ertragswirkung zu begründen. Zum anderen ist dieses Phänomen auf die hohe Variabilität dieses Wetterindikators in diesen Regionen zurückzuführen: Bei einer durchschnittlich niedrigen Anzahl von Tagen ohne Niederschlag in Nordwestdeutschland führt die gleichzeitig hohe Eintrittswahrscheinlichkeit von Jahren mit extrem vielen Tagen ohne Niederschlag zu hohen Schäden durch dieses Extremwetterereignis.

Abbildung 6: Regionale durchschnittliche jährliche Verluste durch Trockenheit zum Vegetationsbeginn bei Winterweizen



In Abbildung 7 sind Erlösverluste bei Winterweizen aufgrund von Hitzetagen zur Blütezeit dargestellt.⁶ Dieses Extremwetterereignis betrifft vor allem Regionen in Ostdeutschland, insbesondere in Brandenburg. Für weitere Regionen mit überdurchschnittlich vielen Hitzetagen (Rheintal) wiesen die geschätzten Koeffizienten zwar ein negatives Vorzeichen auf, waren aber nur bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,11$ signifikant und wurden deshalb nicht berücksichtigt. Hier ist davon auszugehen, dass der verwendete Ansatz die tatsächlichen Schäden für diese Regionen unterschätzt.

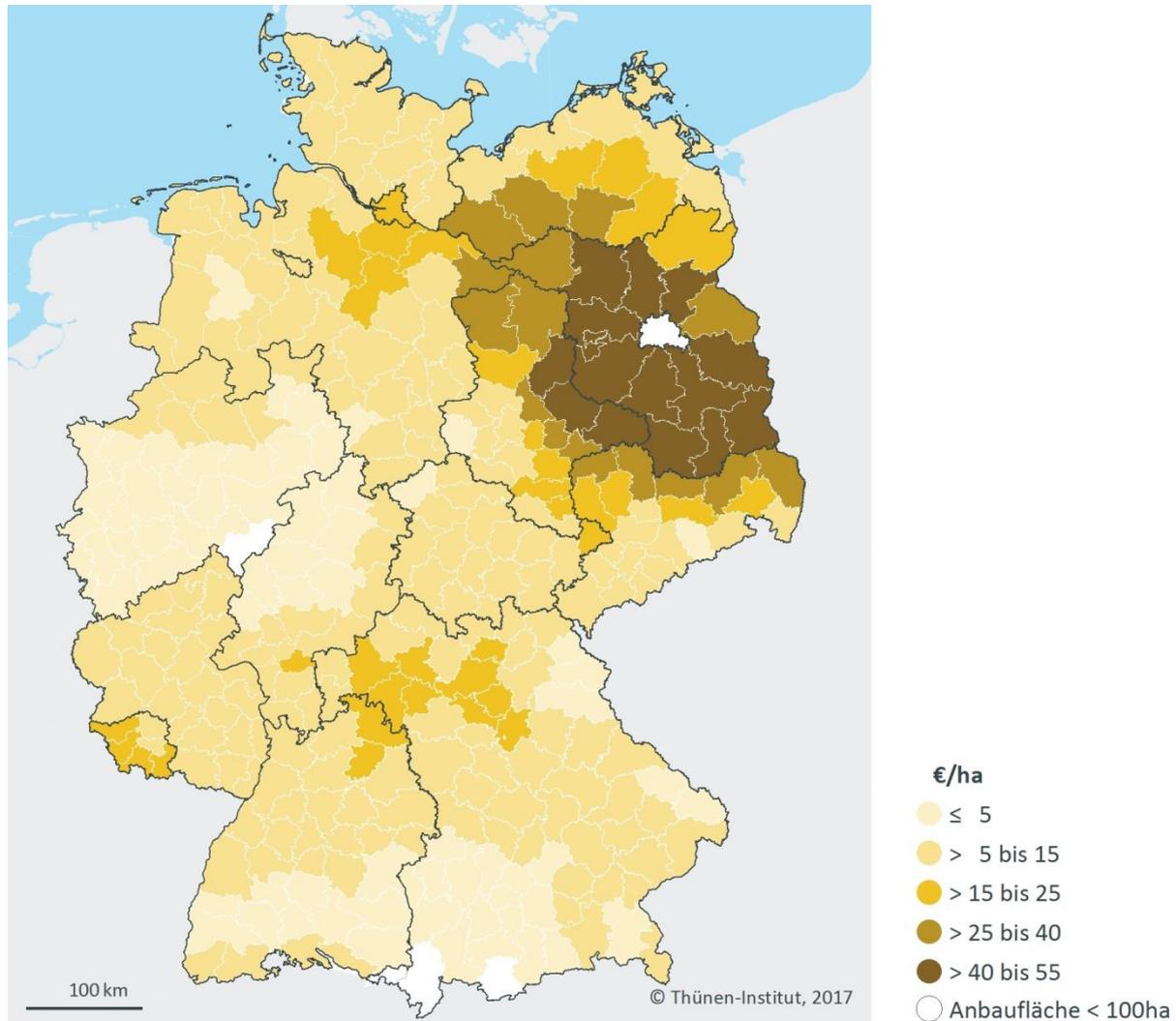
Abbildung 7: Regionale durchschnittliche jährliche Verluste durch Hitze zur Blütezeit bei Winterweizen



⁶ Abweichungen zu der Darstellung in Gömann et al. sind u. a. darauf zurückzuführen, dass für die Definition von „Hitze zur Blütezeit“ in der vorliegenden Studie ein Schwellenwert von $T_{max} > 30^{\circ}\text{C}$ (statt 25°C) verwendet wurde.

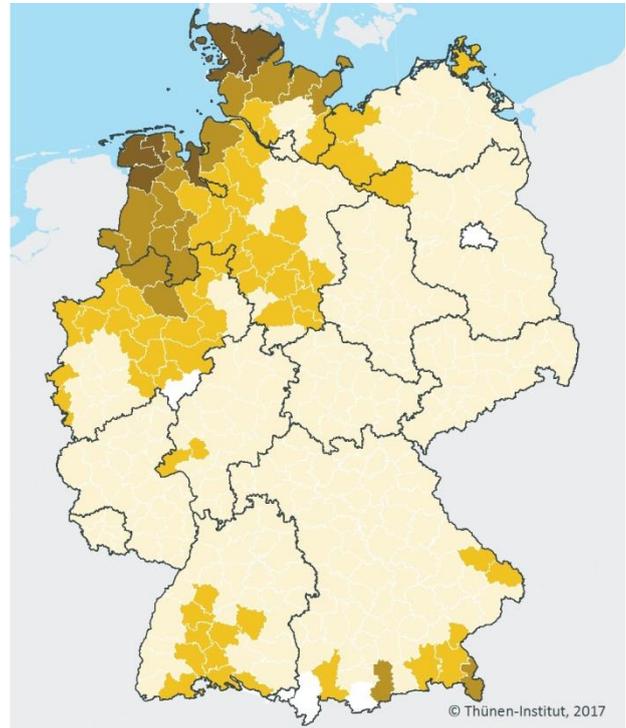
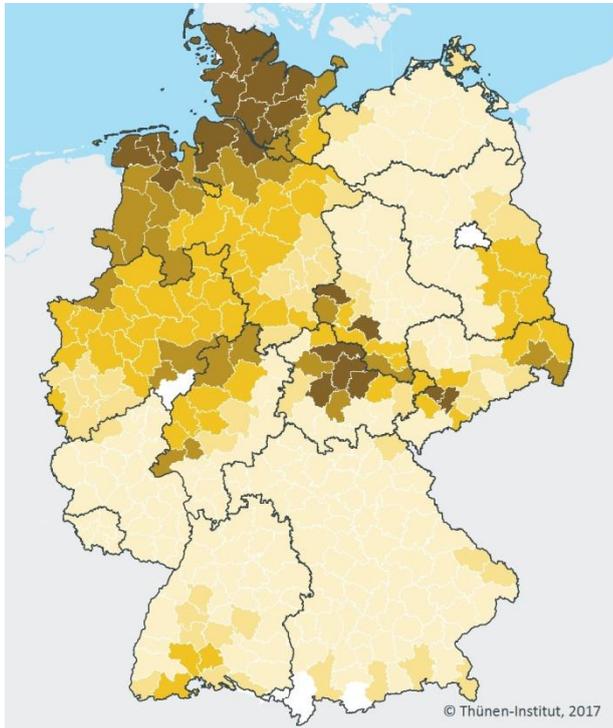
In der Summe führen Erlösverluste durch extreme Hitze und Trockenheit regional zu hohen Schäden (Abbildung 8) und erreichen in einigen Regionen Brandenburgs Werte von 40 bis 55 €/ha.

Abbildung 8: Regionale durchschnittliche jährliche Verluste bei Winterweizen durch Hitzetage und extreme Trockenheit



Extreme Nässe zu Saat- oder Erntezeit führt insbesondere in den Nordwestdeutschen Regionen zu überdurchschnittlichen Erlösverlusten (Abbildung 9).

Abbildung 9: Regionale durchschnittliche jährliche Verluste bei Winterweizen durch extreme Nässe zur Saatzeit (linke Karte) bzw. Erntezeit (rechte Karte)



€/ha

- ≤ 1
- > 1 bis 2
- > 2 bis 3
- > 3 bis 4
- > 4 bis 7
- Anbaufläche < 100ha

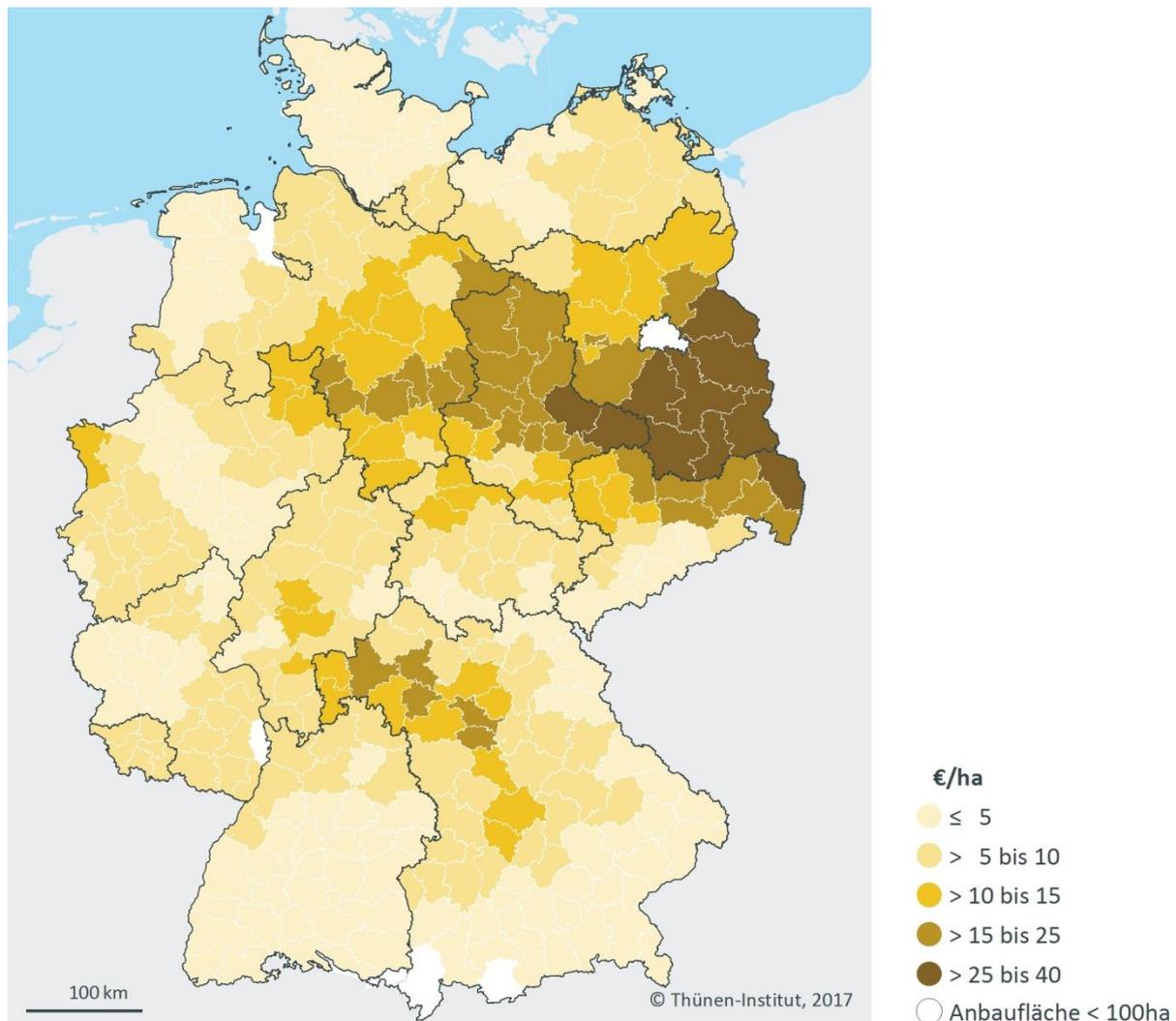
€/ha

- ≤ 2
- > 2 bis 4
- > 4 bis 6
- > 6 bis 9
- Anbaufläche < 100ha

Wintergerste

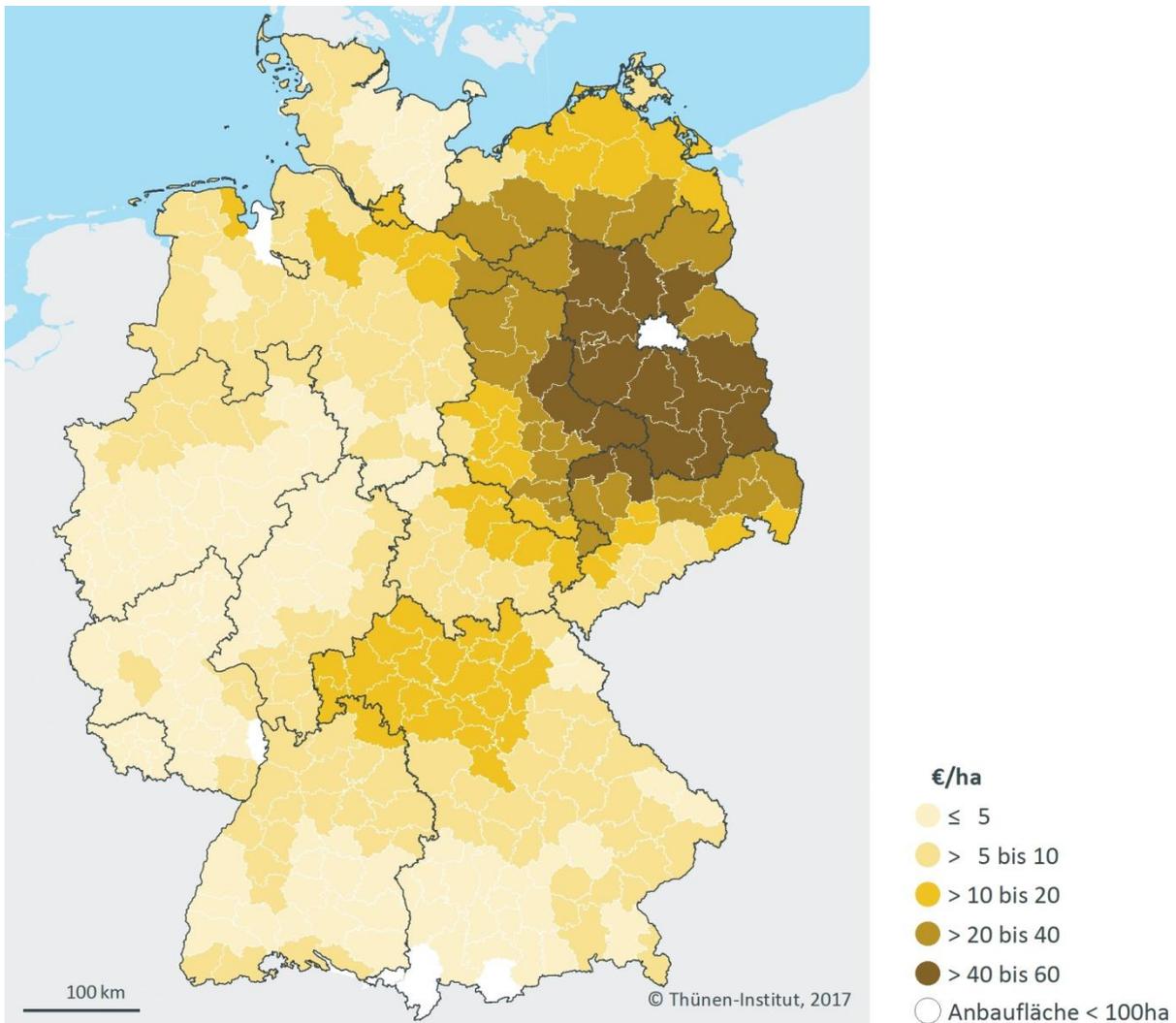
Abbildung 10 gibt einen Überblick über die regionalen Unterschiede der bei Kahlfrostartremeren zu erwartenden Schäden je ha bei Wintergerste. Diese fallen in den meisten Regionen deutlich geringer aus als bei Winterweizen, höhere Schadenswerte je ha sind nach den Schätzergebnissen v. a. in einem Streifen von Südostniedersachsen bis in den Osten Brandenburgs dargestellt.

Abbildung 10: Regionale durchschnittliche jährliche Verluste durch extreme Kahlfrostartremeren bei Wintergerste auf regionaler Ebene (mittlere jährliche Erlösverluste und Kosten für die Neuansaat)



Schäden durch Hitze und extreme Trockenheit bei Gerste sind besonders in den östlichen Bundesländern ausgeprägt (Abbildung 11).

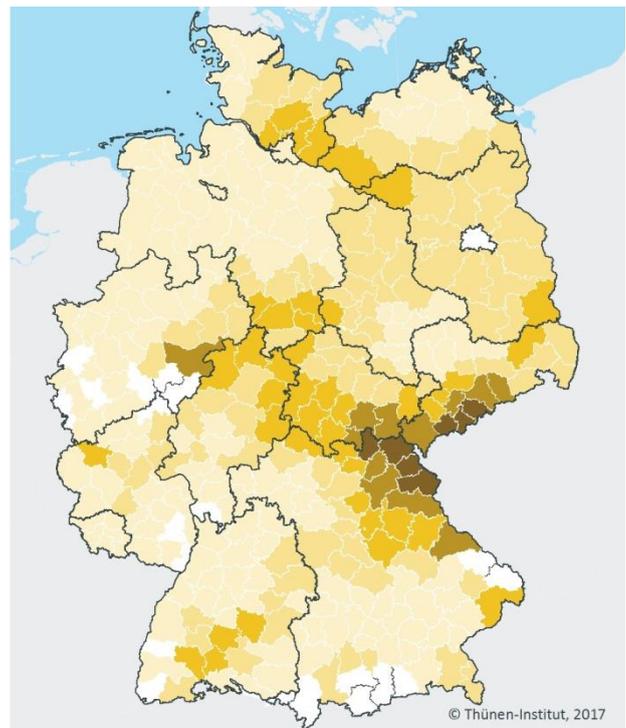
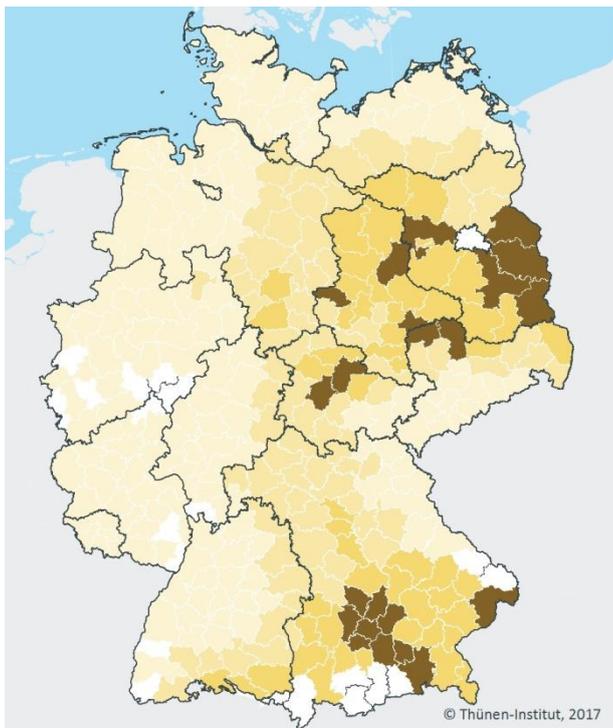
Abbildung 11: Regionale durchschnittliche jährliche Verluste bei Wintergerste durch Hitzetage und extreme Trockenheit



Winterraps

Abbildung 12 gibt einen Überblick über die regionale Ausprägung der geschätzten Schäden durch Spät- und Wechselfröste bei Raps. Wechselfröste führen nach diesen Ergebnissen insbesondere in den mittleren östlichen Bundesländern sowie im südlichen Bayern zu Erlösverlusten, während Spätfrostschäden vor allem in Regionen an den östlichen Grenzen zu Tschechien konzentriert sind.

Abbildung 12: Regionale durchschnittliche jährliche Verluste bei Raps durch extreme Wechselfröste (linke Karte) bzw. Spätfröste (rechte Karte)



€/ha

- ≤ 5
- > 5 bis 10
- > 10 bis 15
- > 15 bis 25
- Anbaufläche < 100ha

€/ha

- ≤ 5
- > 5 bis 10
- > 10 bis 15
- > 15 bis 20
- > 20 bis 35
- Anbaufläche < 100ha

Starkregenereignisse führen bei Raps zu Schäden vor allem in den südlichen Gebieten Baden-Württembergs und Bayerns, sowie in Sachsen und dem östlichen Brandenburg (Abbildung 13).

Abbildung 13: Regionale durchschnittliche jährliche Verluste bei Raps durch extreme Starkregenereignisse

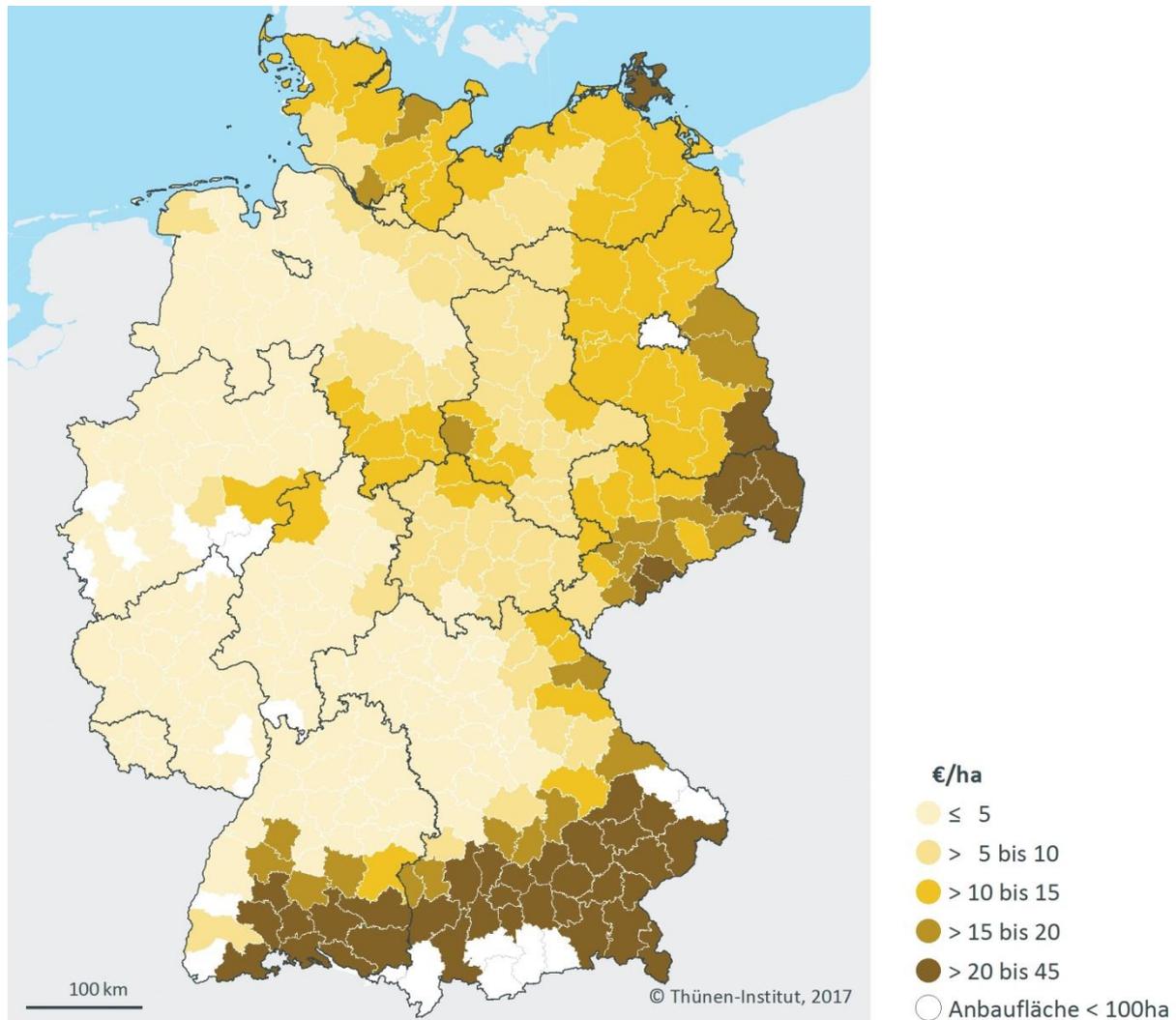
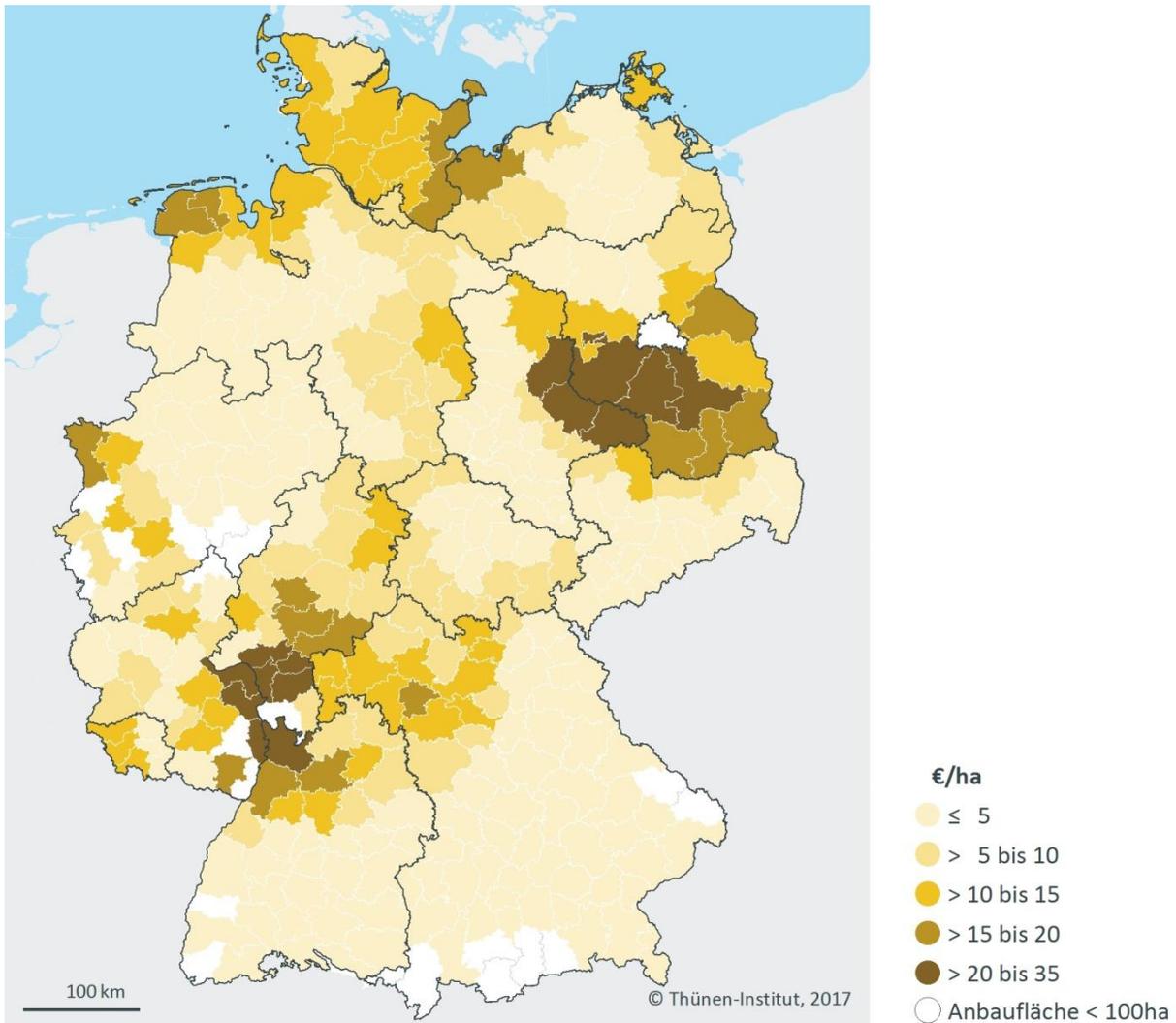


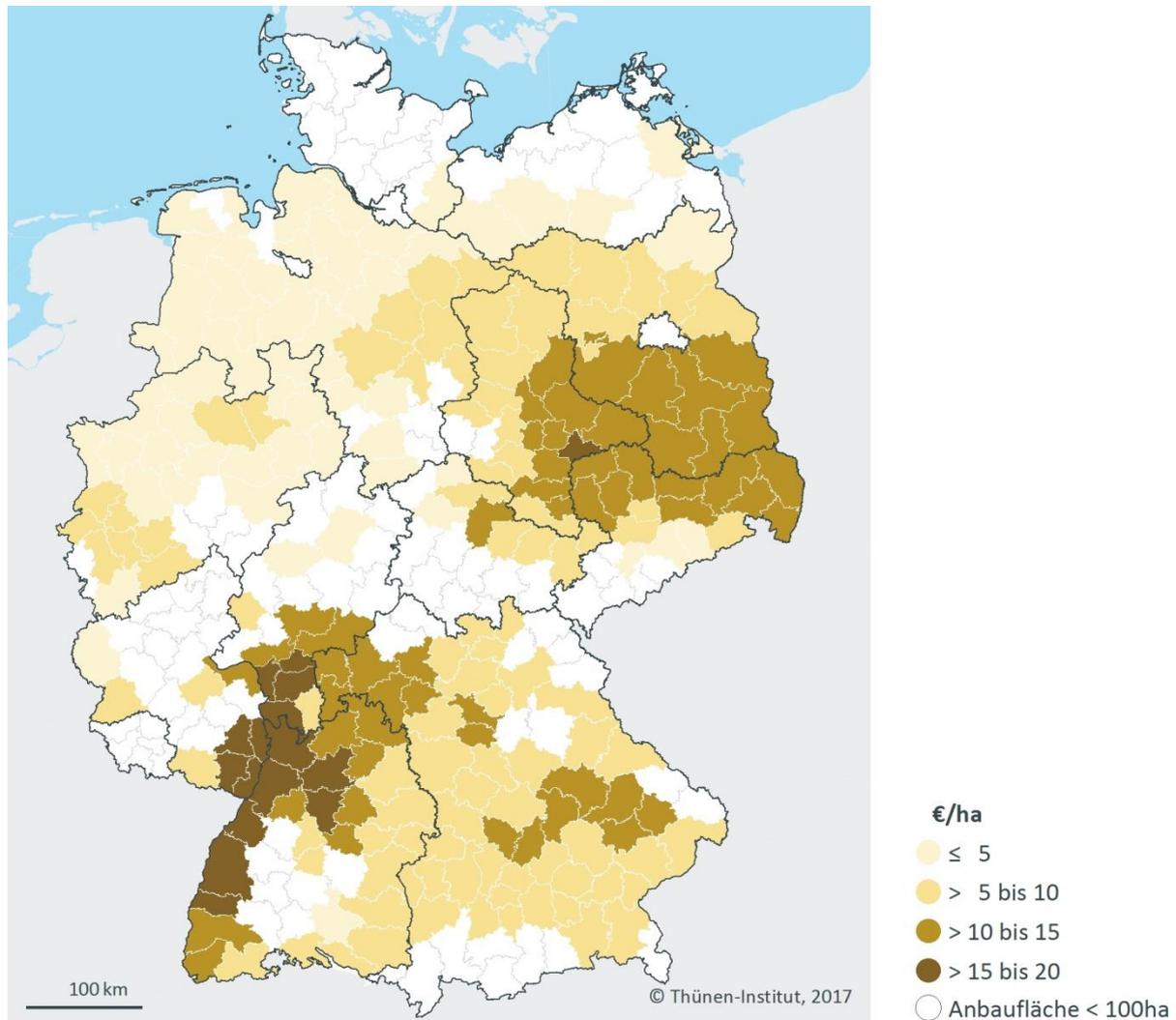
Abbildung 14: Regionale durchschnittliche jährliche Verluste bei Raps durch extreme Trockenheit



Körnermais

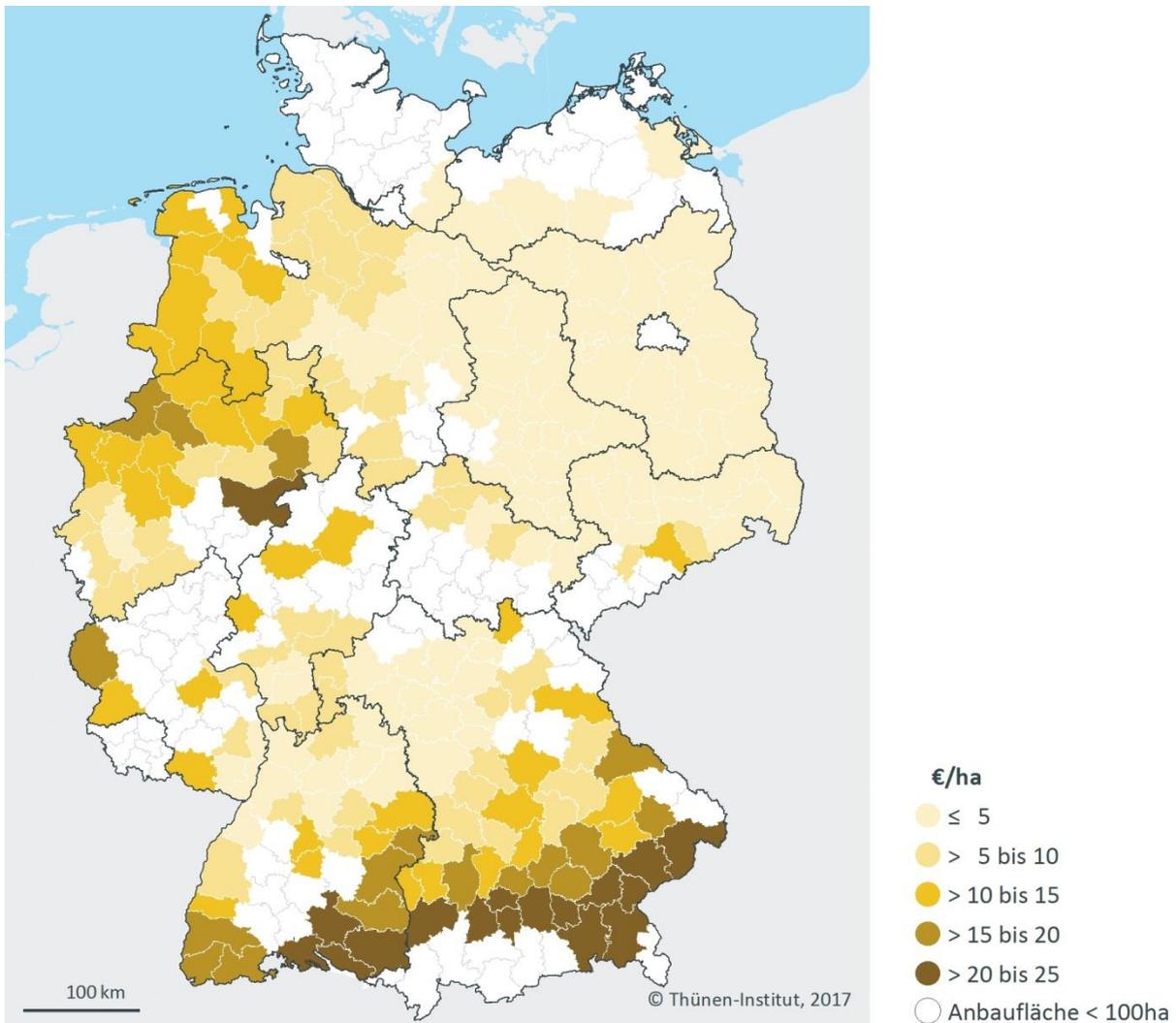
Deutliche Schäden durch Hitze sind bei Körnermais vor allem im oberen Rheintal zu erkennen (Abbildung 15).

Abbildung 15: Regionale durchschnittliche jährliche Verluste durch Hitze bei Körnermais



Staufälle in der Vegetationszeit wirkt sich bei Körnermais ertragsmindernd insbesondere in den Staulagen der Alpen sowie in einigen Regionen Nordrhein-Westfalens aus.

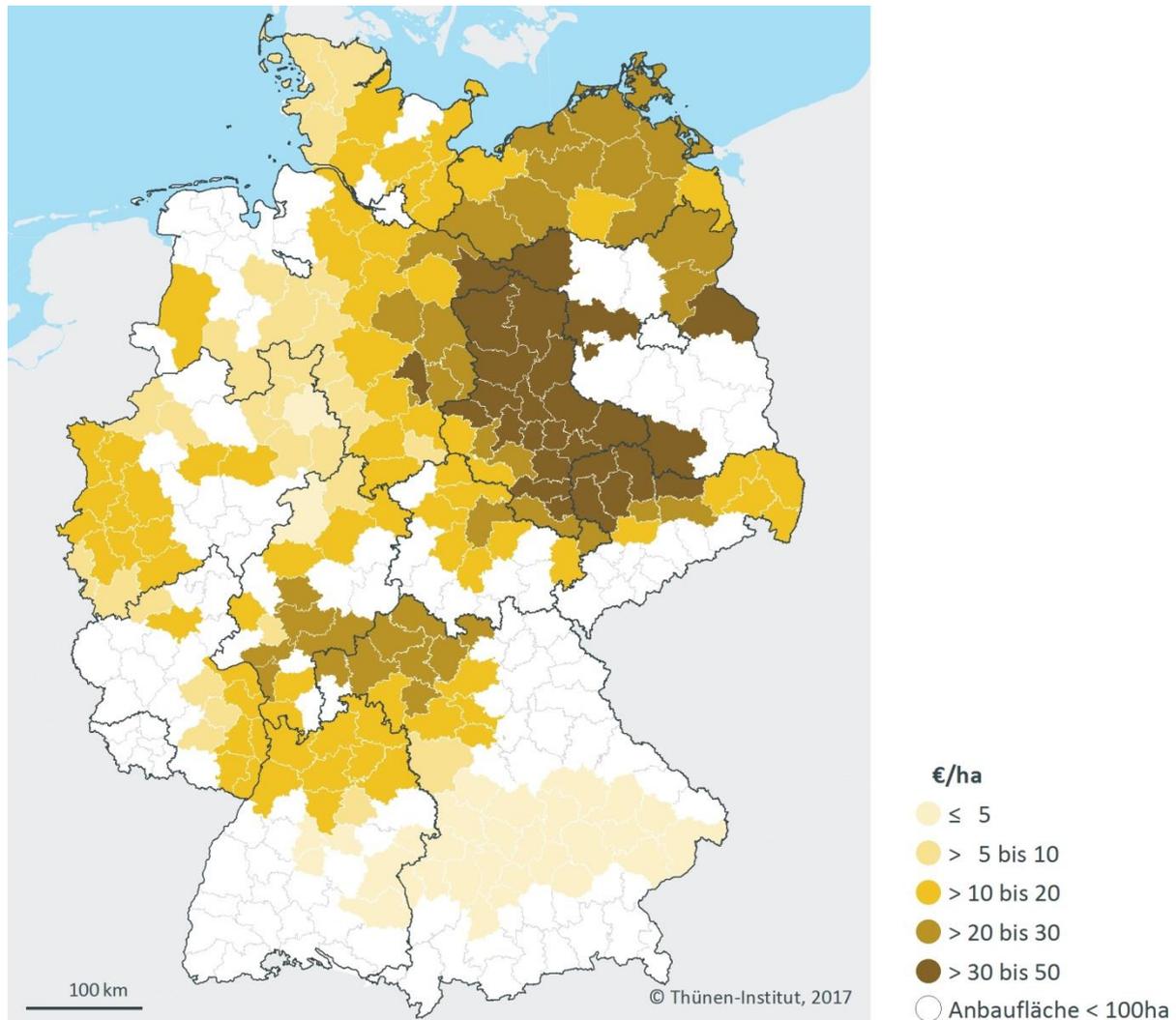
Abbildung 16: Regionale durchschnittliche jährliche Verluste durch extreme Staufälle bei Körnermais



Zuckerrüben

Extreme Trockenheit führt in vielen Regionen Deutschland zu spürbaren Erlöseinbußen bei Zuckerrüben. Besonders hoch sind die Schäden in den Zuckerrübenanbaugebieten Ostdeutschlands sowie in Regionen Südhessens und Nordwestbayerns.

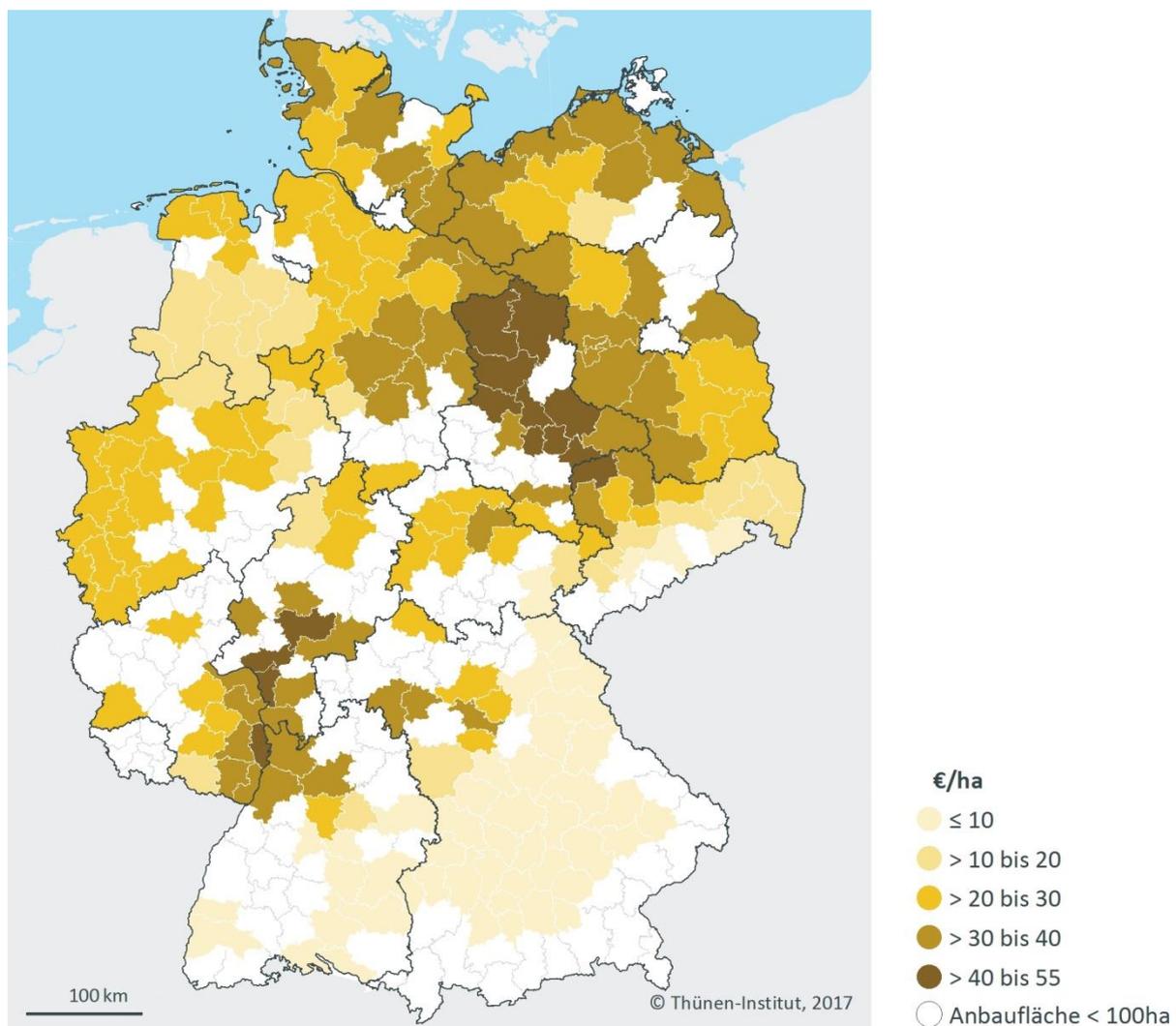
Abbildung 17: Regionale durchschnittliche jährliche Verluste durch extreme Trockenheit bei Zuckerrüben



Kartoffeln

Für Kartoffeln werden Trockenheitsschäden insbesondere für Sachsenanhalt und einige Regionen in Südhessen ausgewiesen. Bei der Interpretation ist zu beachten, dass die Ergebnisse nur für nicht-bewässerte Flächen gelten. Zudem ist der Kartoffelanbau regional recht stark konzentriert, so dass für eine Beurteilung der regionalen Betroffenheit der Anbauumfang berücksichtigt werden muss. Bei Kartoffeln ist zudem zu erwarten, dass Wetterereignisse, die einen signifikanten Teil der Erntefläche betreffen, auch zu entgegengesetzten Preiswirkungen führen und damit den tatsächlichen monetären Schaden reduzieren können.

Abbildung 18: Regionale durchschnittliche jährliche Verluste durch extreme Trockenheit bei Kartoffeln auf nicht bewässerten Flächen



3.4 Einordnung und Diskussion

Für eine erste Einordnung der Ergebnisse können Auswertungen des Gesamtverbands der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) herangezogen werden, die auf Basis der Schadensstatistik der Versicherungsanbieter Schadenssummen für ausgewählte Wetterextreme im langjährigen Mittel abschätzen (Tabelle 21).

Tabelle 21: GDV-Schätzung zu Schäden durch Wetterextreme im langjährigen Mittel (in Mio. €)

	in Mio. €
Hagel	134
Trockenheit	276
Überschwemmung	33
Sturm und Starkregen	27
Auswinterung und Starkfrost	42
Summe aller Gefahren	511

Quelle: GDV (2016).

Ein Vergleich zu den hier durchgeführten Schätzungen ist allerdings aufgrund einer Reihe von Unterschieden in den Daten, der Abdeckungsbreite und des methodischen Vorgehens nur bedingt möglich. Insbesondere sind folgende Unterschiede bei einer Gegenüberstellung der Schadenssummen zu berücksichtigen:

- Berücksichtigte Kulturen: Während in diesem Bericht nur die Kulturen Weizen, Gerste, Raps, Körnermais, Kartoffeln und Zuckerrüben berücksichtigt worden, beziehen sich die Abschätzungen des GDV auf alle landwirtschaftlichen Hauptkulturen (ohne Sonderkulturen).
- Berücksichtigte Wetterereignisse: Der GDV stellt Schadenssummen für Hagel, Trockenheit, Überschwemmung, Sturm und Starkregen sowie Auswinterung und Starkfrost dar. Im vorliegenden Bericht werden Schäden durch Trockenheit/Dürre, Hitze, Starkregen, Nässe und Frost ausgewiesen.
- Zugrunde gelegter Zeitraum: Für die in diesem Working Paper erstellten Abschätzungen wurde der Zeitraum 1961-2015 zugrunde gelegt, während die GDV-Berechnungen auf den Jahren 1990-2013 basieren. Dieser Zeitraum ist für die Abschätzung von durchschnittlich zu erwartenden Schäden für Extremwetterereignisse, die mit eher geringer Frequenz auftreten (wie z. B. Überschwemmung, Dürren) als sehr kurz zu bewerten.
- Definition eines Extremwetterereignisses: In diesem Bericht wurden Extremwetterereignisse abgegrenzt, die in Deutschland im Schnitt alle 15 Jahre auftreten (bzw. durchschnittlich

maximal 6,6 % der Ackerfläche betreffen). In der GDV-Broschüre wird keine genauere Definition der „Wetterextreme“, für die Schadenssummen abgeschätzt werden, gegeben.

- Ebene der Schadensermittlung: Im vorliegenden Bericht wurden die Schäden auf Basis des durchschnittlichen Ertragsverlustes auf betrieblicher Ebene berechnet. Versicherungsschäden dagegen werden in der Regel schlagspezifisch unter Berücksichtigung von Schadschwellen ermittelt.

Unter Berücksichtigung dieser Einschränkungen lässt sich folgende Einordnungen der erzielten Ergebnisse vornehmen:

- Die am Thünen-Institut erstellten Abschätzungen der Schäden durch Trockenheit und Hitze weisen für Weizen, Gerste, Raps, Körnermais, Kartoffeln und Zuckerrüben durchschnittliche jährliche Schäden von ca. 85 Mio. € aus. Der GDV weist für Trockenheit jährliche Schäden von ca. 276 Mio. € aus. Die Differenz kann neben Unterschieden bei den berücksichtigten Kulturen und dem zugrunde gelegten Zeitraum auf eine unterschiedliche Definition des Extremwetterereignisses „Trockenheit/Dürre/Hitze“ zurückzuführen sein. So implizieren die Schadenzahlen des GDV für Trockenheitsereignisse deutlich höhere Wiederkehrperioden als 15 Jahre, und weichen damit von der in diesem Bericht verwendeten Definition eines Extremwetterereignisses ab.
- Für Auswinterung/Starkfrost weist der GDV jährliche Schäden von ca. 42 Mio. € aus. Die am Thünen-Institut erstellten Abschätzungen der Schäden durch Kahlfrost weisen für Weizen, Gerste und Raps jährliche Schäden von ca. 45 Mio. € aus, wobei hier die Kosten für Umbruch und Neuansaat nach Auswinterung berücksichtigt wurden.
- Für Sturm/Starkregen weist der GDV jährliche Schäden von ca. 27 Mio. € aus. Starkregenschäden konnten am Thünen-Institut nur für Raps abgeschätzt werden (16 Mio. €). Der GDV-Wert erscheint vor diesem Hintergrund eher niedrig, insbesondere aufgrund der Anfälligkeit von Mais, dessen Anbaufläche mit dem Ausbau der Biogasproduktion stark angestiegen ist.
- Für die Ereignisse Hagel und Überschwemmung liegen aufgrund fehlender Daten keine eigenen Abschätzungen zu historischen Schadenssummen vor. Für Hagel ist jedoch aufgrund der hohen Verbreitung von Hagelversicherungen in der Landwirtschaft davon auszugehen, dass dem GDV langjährige Schadensstatistiken vorliegen, die ein realistisches Bild der Hagelschäden zeichnen. Für das Ereignis ‚Überschwemmung‘ können die von Bund und Ländern bei Katastrophenfällen gezahlten Hilfen für eine erste Einordnung herangezogen werden. So wurden bei den Überschwemmungen im Jahr 2013 156 Mio. € für den Ausgleich von Aufwuchsschäden auf landwirtschaftlichen Nutzflächen gewährt. In der GDV-Broschüre werden für 2013 Überschwemmungsschäden von ca. 270 Mio. € ausgewiesen. Die Differenz kann teilweise auf eine nicht vollständige Entschädigung durch die staatliche Katastrophenhilfe zurückzuführen sein (der Aufwuchsschaden wurde in den Verwendungsberichten der betroffenen Bundesländer mit 191 Mio. € abgeschätzt).

Die für diesen Bericht durchgeführten Analysen zeigen, dass der in Gömann et al. (2015) für Weizen verwendete Ansatz, mit Hilfe von statistischen Analysen historischer Ertrags- und Wetterdaten die Ertrags- und Schadenswirkungen von Extremwetterlagen abzuschätzen, grundsätzlich auf andere Kulturen übertragbar ist. Allerdings spielt die Datenverfügbarkeit eine große Rolle für belastbare Ergebnisse, weshalb für eine Reihe von Kulturen keine regional spezifischen Ertragswirkungen geschätzt werden konnten.

Der Wahl von Wettervariablen und Schwellenwerten kommt eine entscheidende Rolle für die Plausibilität und Aussagekraft der Ergebnisse zu. Die in dieser Studie erzielten Ergebnisse sollten daher in einem nächsten Schritt mit Experten von DWD und JKI diskutiert und Möglichkeiten der Validierung eruiert werden. Bzgl. der Wettervariablen sollte insbesondere eine noch genauere Abbildung der Bodenwasserverfügbarkeit durch Einbeziehung von DWD-Daten geprüft werden.

Bisher liegen keine flächendeckenden Abschätzungen zu Ertrags- und Schadenswirkungen bei Wein und anderen Sonderkulturen vor. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf, insbesondere auch angesichts der oft hohen Erlössummen pro ha Anbaufläche bei diesen Kulturen.

Literaturverzeichnis

- Bauernverband (2013) Schätzung der Hochwasserschäden in der deutschen Landwirtschaft 2013, vom 18. Juni 2013, <http://media.repro-mayr.de/34/574034.pdf> (Zugriff im April 2015)
- Beurton S, Thieken AH (2009) Seasonality of floods in Germany, *Hydrological Science Journal*, 54:1, 62-67
- Blöschl G (2015) Veränderungen von Hochwässern im Zeichen des Globalen Wandels. GFZ Lectures. Potsdam
- BMEL (2015) https://www.bmel.de/DE/Laendliche-Raeume/03_Foerderung/_texte/Hochwasser_Kuestenschutz.html?docId=6081142 Hochwasser- und Küstenschutz, Förderung des ländlichen Raumes (Zugriff 25.02.2016), Stand 27.04.2015
- BMEL (2016) Rahmenplan der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ für den Zeitraum 2016-2019 Sonderrahmenplan: Maßnahmen des Küstenschutzes in Folge des Klimawandels (2009-2025) Sonderrahmenplan: Maßnahmen des präventiven Hochwasserschutzes
- Citeau J-M (2003) A New Control Concept in the Oise Catchment Area: Definition and Assessment of Flood Compatible Agricultural Activities, FIG working week, Paris, France
- Dutta D, Herath S, Musiak K (2003) A mathematical model for flood loss estimation, *J. Hydrol.*, 277: 24-49
- Forster S, Kuhlmann B, Lindenschmidt K-E, Bronstert A (2008) Assessing flood risk for a rural detention area, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 8: 311–322, doi:10.5194/nhess-8-311-2008
- GDV (2016) Landwirtschaftliche Mehrgefahrenversicherung für Deutschland. Berlin: Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft
- Gocht A, Röder N, Meyer-Borstel H (2014) Thünen-Atlas: Landwirtschaftliche Nutzung (1999-2010), Release 1.2014, URL: <https://gdi.ti.bund.de/lr/agraratlas/>
- Gömann H, Bender A, Bolte A, Dirksmeyer W, Englert H, Feil J-H, Frühaus C, Hauschild M, Kregel S, Lilienthal H, Löpmeier F-J, Müller J, Mußhoff O, Nathkin M, Offermann F, Seidel P, Schmidt M, Seintsch B, Steidl J, Strohm K, Zimmer Y (2015) Agrarrelevante Extremwetterlagen und Möglichkeiten von Risikomanagementsystemen: Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL): Abschlussbericht, Stand 03.06.2015, Braunschweig, Johann Heinrich von Thünen-Institut, 312 p, Thünen Rep 30, doi: 10.3220/REP1434012425000
- Groll S (2015) Brennpunkte des Klimawandels in Deutschland. Bericht im Auftrag der Bundestagsfraktion von Bündnis 90/Die Grünen
- Hoes O, Schuurmans W (2006) Flood Standards or Risk Analyses for Polder Management in the Netherlands, ICID 21st European Regional Conference, Frankfurt (Oder) and Slubice, Germany and Poland
- Jaeckel A, Voigt M, von Tümpling W (2009) Schadstoffbelastungen durch Hochwasser – Deichvorländer und Auen – ein ökonomisches Problem? In: *Neue Landwirtschaft*, 12/2009: 30-31

- LfUG (Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie), 2005 Hochwasser in Sachsen, Gefahrenhinweiskarten, Report
- Lehmann J, Coumou D, Frieler K (2015) Increased record-breaking precipitation events under global warming. *Climate change* 132 (4): 501-515
- Madsen H, Lawrence D, Lang M, Martinkova M, Kjeldsen T (2014) Review of trend analysis and climate change projections of extreme precipitation and floods in Europe. *Journal of Hydrology* 519: 3634-3650
- Mathan C (2013) Hochwasser: natur- oder menschengemacht? In: *LandInForm Magazin für Ländliche Räume*, 4/2013
- Merz B, Kreibich H, Schwarze R, Thielen A (2010) Assessment of economic flood damage, in: *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 10, 1697–1724, 2010. www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/10/1697/2010/ doi:10.5194/nhess-10-1697-2010, Published: 18 August 2010
- Morris J, Hess T, Posthumus H (2010) Agriculture's Role in Flood Adaptation and Mitigation: Policy Issues and Approaches, OECD consultant report available at www.oecd.org/water
- Röder N, Gocht A (2013) Recovering localised information on agricultural structures while observing data confidentiality regulations – the potential of different data aggregation and segregation technique, *Journal of Land Use Science* 8(1): 31-46
- WasserBlick/Bfg (2015 a) WasserBlick/Bfg und Zuständige Behörden der Länder, GeoBasis - DE/BKG 2014, Überflutungsszenarien der HWRM-RL, <http://geoportal.bafg.de/mapapps/resources/apps/HWRMRL-DE/index.html?lang=de> (Zugriff 23.02.2015)
- WasserBlick/Bfg (2015 b) Überflutungsflächen der Länder (APSRPOLY.zip), Bund-Länder-Informations- und Kommunikationsplattform (WASSERBLICK) betrieben von der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BFG) im Auftrag der Wasserwirtschaftsverwaltungen des Bundes und der Länder, Stand 04.02.2015
- WHG (2009) Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 15. November 2014 (BGBl. I S. 1724) geändert worden ist

Bibliografische Information:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikationen in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter www.dnb.de abrufbar.

Bibliographic information:
The Deutsche Nationalbibliothek (German National Library) lists this publication in the German National Bibliographie; detailed bibliographic data is available on the Internet at www.dnb.de

Bereits in dieser Reihe erschienene Bände finden Sie im Internet unter www.ti.bund.de

Volumes already published in this series are available on the Internet at www.thuenen.de

Zitationsvorschlag – Suggested source citation:
Heidecke C, Offermann F, Hauschild M (2017) Abschätzung des Schadpotentials von Hochwasser- und Extremwetterereignissen für landwirtschaftliche Kulturen. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 61 p, Thünen Working Paper 76, DOI:10.3220/WP1503576083000

Die Verantwortung für die Inhalte liegt bei den jeweiligen Verfassern bzw. Verfasserinnen.

The respective authors are responsible for the content of their publications.



Thünen Working Paper 76

Herausgeber/Redaktionsanschrift – *Editor/address*
Johann Heinrich von Thünen-Institut
Bundesallee 50
38116 Braunschweig
Germany

thuenen-working-paper@thuenen.de
www.thuenen.de

DOI:10.3220/WP1503576083000
urn:nbn:de:gbv:253-201708-dn058978-8