



Berichte über Landwirtschaft

Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft

BAND 97 | Ausgabe 3

Agrarwissenschaft
Forschung

Praxis

Risikoreduzierung durch Ertrags- und Wetterindexversicherungen auf deutschen Ackerbaubetrieben unter besonderer Berücksichtigung von Extremereignissen

Von Christoph Duden, Juliane Urban, Frank Offermann, Norbert Hirschauer und Markus Möller

1 Einleitung

1.1 Problemsstellung

Unsichere Preis- und Mengengerüste führen seit jeher zu Schwankungen des Unternehmenserfolgs in der Landwirtschaft.

Nach gegenwärtigem Wissensstand haben im Ackerbau zwei Faktoren das Unternehmensrisiko in den vergangenen Jahrzehnten erhöht: der Abbau von Preisstabilisierungsmechanismen (VON LEDEBUR und SCHMITZ, 2011) sowie das vermehrte Auftreten von Extremwetterlagen und -ereignissen infolge des Klimawandels (GRILLAKIS, 2019).

Zur Vermeidung witterungsbedingter Schwankungen des Unternehmenserfolgs können Landwirte auf ein breites Spektrum gegenseitig substituierbarer Risikomanagementinstrumente zurückgreifen. Neben innerbetrieblichen Maßnahmen (Auswahl der Kulturarten und Sorten, Diversifizierung, Rücklagenbildung, Wahl der Produktionsverfahren, Beregnung, etc.) lag der Schwerpunkt bei der Ertragsstabilisierung in Deutschland bisher auf Schadensversicherungen gegen mengenmäßige Ertragsverluste infolge eines konkreten Schadensereignisses wie z. B. Hagel.

In den vergangenen Jahren haben sich zunehmend Mehrgefahrenversicherungen zur gleichzeitigen Absicherung mehrerer Gefahren (z. B. gegen Hagel, Sturm, Frost, Starkregen etc.) am Markt etabliert¹. Je mehr Risiken durch eine solche Versicherung abgedeckt – oder nicht ausgeschlossen – werden, desto mehr ähnelt² sie einer allgemeinen **Ertragsversicherung** (ErtV).

Mit einer ErtV können Landwirte – ganz unabhängig von einem konkreten Schadensereignis – Ertragseinbußen gegenüber einem vertraglich festgelegten Referenzniveau versichern. Das Referenzniveau wird i. d. R. aus den durchschnittlich erzielten historischen Erträgen der versicherten Kulturart hergeleitet. Die Versicherungsleistung ergibt sich aus der Differenz zwischen dem im Haftungszeitraum erzielten Ertrag und dem Referenzniveau multipliziert mit einem vertraglich festgelegten Entschädigungspreis. Ein großer Nachteil allgemeiner Schadensversicherungen ist, dass

¹ Die Vereinigte Hagel rechnet für das Jahr 2018 damit, dass rund eine Millionen ha landwirtschaftliche Fläche gegen Mehrgefahren versichert sind (BWAGRAR, 2018).

² Der Übergang von Versicherungen, die nur Ertragseinbußen aufgrund versicherter Ursachen abdecken (im englischen ‚*named-peril insurance*‘) und Ertragsversicherungen, die Ertragseinbußen unabhängig von der Ursache entschädigen (im englischen ‚*all-risk insurance*‘) ist fließend. So wird die US-amerikanische *multi-peril crop insurance*, die Ertragseinbußen aufgrund aller natürlichen Ursachen absichert (aber z. B. Verluste aufgrund ‚unzureichender‘ Pflanzenschutzmaßnahmen ausschließt), oft als Gegenstück zu den *named-peril* Versicherungen als allgemeine Ertragsversicherung klassifiziert (BARNETT, 2014).

auf Seiten der Versicherungsnehmer weite Handlungsspielräume zur Beeinflussung der Schadenshöhe entstehen und ausgenutzt werden können (*moral hazard*). Dies treibt die Kosten der Versicherer und damit letztlich die Versicherungsprämien für die Versicherungsnehmer in die Höhe.

In Deutschland werden inzwischen neben Wetterindexversicherungen auch andere neuartige Versicherungsprodukte angeboten (BRÜCKNER et al., 2018). Bei **Wetterindexversicherungen** (WIV) wird die „Versicherungsleistung“ nicht bei einem betrieblichen Schaden erbracht. Vielmehr ist die Schadenszahlung der Versicherung von der Ausprägung einer Wettergröße („Index“) abhängig, die an einer vertraglich festgelegten Wetterstation gemessen wird; ein Ertragschaden muss nicht vorliegen. Der Index könnte z. B. die Niederschlagsmenge im Bezugszeitraum 1. – 31. Mai sein. Die Versicherung zahlt, sobald ein festgelegter Schwellenwert (*strike level*) unterschritten („Put-Option“) oder überschritten („Call-Option“) wird.

Ein Beispiel dafür wäre ein Versicherungsvertrag, in dem festgelegt ist, dass für jeden Millimeter (mm), um den die Niederschlagsmenge im Mai unter dem *strike level* von 50 mm liegt, eine als *tick size* bezeichnete „Versicherungsleistung“ von 1.000 € an den Landwirt gezahlt wird.

Die Koppelung der Versicherungsleistung an außerbetriebliche Indikatoren bringt für die Versicherer folgende Kostenvorteile (COLLIER et al., 2009).

- Erstens entfällt eine Schadensbegutachtung.
- Zweitens sind Rechtstreitigkeiten so gut wie ausgeschlossen.
- Drittens können die Versicherungsnehmer den Zahlungsanspruch in keiner Weise beeinflussen (kein *moral hazard*).
- Viertens besteht für die Versicherung nicht die Gefahr der Anhäufung schlechter Versicherungsrisiken (keine *adverse selection*).

Inwieweit die Kostenvorteile von den Versicherern an die Landwirte weitergegeben werden, ist bisher unklar, da diese keine produktbezogenen Aufpreise für Verwaltungs-, Regulierungs- und Rückversicherungskosten sowie für die Gewinnmarge der Versicherung offenlegen. Zudem haben WIV aus Sicht der Landwirtschaft einen konstruktionsbedingten Nachteil: Ähnlich wie bei der innerbetrieblichen Diversifizierung beruht die risikoreduzierende Wirkung auf **Korrelationen**, d. h. auf Zusammenhängen zwischen unterschiedlichen Ereignissen. Zum Beispiel bestehen landwirtschaftliche Unternehmen i. d. R. aus mehreren Betriebszweigen, damit in Jahren mit niedrigem oder negativem Deckungsbeitrag in einem Zweig dieser ‚hoffentlich‘ durch hohe positive Deckungsbeiträge aus anderen Zweigen ausgeglichen wird.

Bei der WIV sucht man nach einer möglichst engen Korrelation zwischen betrieblichem Ertragsgeschehen und Wetterindex, so dass bei niedrigen Erträgen gleichzeitig der Index eine Versicherungszahlung auslöst. Beim Landwirt verbleibt aber aus zwei Gründen ein ertragsbedingtes Restrisiko (INTERNATIONAL FUND FOR AGRICULTURAL DEVELOPMENT, 2011).

- Zum einen können die Wetterbedingungen im Betrieb anders sein als an der Wetterstation (geographisches Basisrisiko).
- Zum anderen hängt der Ertrag nicht nur von der vertraglich festgelegten Wettergröße, sondern i. d. R. von einer Vielzahl weiterer Unsicherheitsfaktoren ab (Basisrisiko der Produktion).

WIV und ErtV werden bislang nur wenig nachgefragt. Angesichts der wetterbedingten Risikoexposition des Ackerbaus wirft das die Frage nach dem „Warum“ auf. Es ist zu vermuten, dass aus Sicht der Landwirte die Kosten dieser Versicherungsprodukte so hoch und/oder die Risikowirkungen so gering sind, dass andere Risikomanagementinstrumente nicht substituiert werden bzw. das Risiko eines Schadens lieber ‚in Kauf genommen‘ wird.

Bislang fehlen belastbare Informationen zur Risikowirksamkeit von ErtV und WIV in deutschen Ackerbaubetrieben. Zwar wurden in den letzten zwei Jahrzehnten eine Reihe wissenschaftlicher Studien dazu durchgeführt. Die dabei angewandten Modelle zur Bewertung der Risikowirksamkeit der Versicherungen weisen jedoch mehrheitlich einen hohen Abstraktionsgrad auf und vernachlässigen das Zusammenwirken der verschiedenen Risikoquellen im Gesamtsystem „Unternehmen“ (URBAN, 2019).

Dementsprechend messen die bisherigen Studien die Wirksamkeit von Risikomanagementinstrumenten i. d. R. darüber, wie stark diese die Schwankungen eine der vielen dem Unternehmenserfolg vorgelagerten Zufallsgrößen (Risikofaktoren) verringern. Beispiel hierfür ist die Messung der (zu konstanten Preisen bewerteten) Erträge einer Kultur des gesamten Unternehmens.

Wie sich die Schwankungen derartiger Größen durch den Einsatz eines Risikomanagementinstruments verändern, ist aber aus unternehmerischer Risikoperspektive nicht ausschlaggebend.

Entscheidend ist vielmehr, wie die Risikoinstrumente das Risiko auf der Ebene des Gesamtunternehmens (*whole farm risk*) verändern können (BINSWANGER-MKHIZE, 2012; MÜBHOFF und HIRSCHAUER, 2016: 344).

Zur Messung des **unternehmerischen Risikos** eignen sich aggregierte Erfolgsgrößen wie z. B. der Cashflow oder der Gesamtdeckungsbeitrag (GDB).

Der isolierte Blick auf die zu konstanten Preisen bewerteten Erträge einer einzelnen Kultur wäre dagegen nur in einem Einproduktunternehmen mit konstanten Kosten und Preisen aussagefähig.

Studien, die die Risikowirkung verschiedener Instrumente anhand der Streuung vorgelagerter Risikofaktoren messen, vernachlässigen das **ökonomische Basisrisiko** (URBAN, 2019). Sie ignorieren nicht nur, dass der Unternehmenserfolg auch bei vollständiger Stabilisierung einer vorgelagerten Größe höchst volatil sein kann. Sie vernachlässigen vielmehr auch, dass sich das unternehmerische Risiko dadurch sogar erhöhen kann. Dies ist der Fall, wenn ein natural hedge zerstört wird. Dieser Begriff bezeichnet den Sachverhalt, dass das unternehmerische Risiko aufgrund des „natürlichen“ Zusammenwirkens vorgelagerter Größen oft ohne unternehmerisches Zutun reduziert wird.

Ein bekanntes Beispiel dafür ist die negative Korrelation zwischen Kartoffelerträgen und -preisen. Anschauung liefert der Anstieg der Erzeugerpreise für Kartoffeln nach der Ernte im Dürrejahr 2018, dessen positiver Effekt bei einer frühzeitigen „Preisabsicherung“ (z. B. an der Warenterminbörse oder über Lieferkontrakte) „zerstört“ wurde. In diesem Fall hätte der Landwirt aufgrund seiner „Absicherung“ niedrige Preise und niedrige Ernten in Kauf nehmen müssen.

Bisher vorliegende Studien zu neuartigen Versicherungsinstrumenten und insbesondere WIV sind mit Blick auf ihr Potenzial als Risikomanagementinstrument in der Landwirtschaft nur begrenzt

aussagekräftig. Sie untersuchen lediglich die Wirkung des Einsatzes der Risikomanagementinstrumente auf ausgewählten Extremstandorten und insbesondere in niederschlagsarmen Regionen. Dort ist von vornherein ein hohes Risikoreduzierungspotenzial zu erwarten (DOMS et al., 2018). Realistische Einschätzungen der aus unternehmerischer Sicht erzielbaren Risikoverringerung mit Hilfe neuartiger Versicherungsinstrumente bezogen auf die Breite der deutschen Ackerbaubetriebe liegen noch nicht vor. Zudem nehmen nur wenige Betriebe die gesamtbetriebliche Sichtweise ein und legen eine aggregierte Erfolgsgröße zugrunde (DOMS et al., 2018; URBAN, 2019). In Doms et al. und Urban werden erstmals Betriebe mit moderaten Standortbedingungen analysiert und gleichzeitig die gesamtbetriebliche Sichtweise eingenommen. Allerdings ist die Stichprobe auf zwei kleine Regionen Deutschlands begrenzt. Eine deutschlandweite empirische Analyse fehlt dagegen.

Die Absicherung von Erträgen ist insbesondere auf spezialisierten Ackerbaubetrieben wichtig. In Deutschland werden 71 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche ackerbaulich genutzt (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2019). Beim Ackerbau hat in Deutschland der Getreideanbau die größte Bedeutung. Die wichtigste Fruchtart ist Winterweizen mit 27 % der gesamten Ackerfläche, das entspricht 3,1 Mio. ha (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2019). Er wird nahezu flächendeckend in der Bundesrepublik Deutschland angebaut und dient als menschliches Nahrungsmittel, Futtermittel und zu einem kleinen Teil auch als nachwachsender Rohstoff. Rund 30 % der landwirtschaftlichen Betriebe sind auf den Ackerbau spezialisiert (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2019).

1.2 Zielsetzung und Vorgehensweise

Ziel der vorliegenden Studie ist es deshalb, die Wirkung von ErtV und WIV für Winterweizen auf das unternehmerische Risiko im Ackerbau nicht nur begrenzt auf bestimmte Regionen, sondern vielmehr deutschlandweit zu analysieren.

Dafür liefert das Testbetriebsnetz des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL, 2019) die Datengrundlagen. Aus diesem Testbetriebsnetz werden 377 haupterwerbliche Ackerbaubetriebe in den verschiedenen Boden-Klima-Räumen Deutschlands der Untersuchung zugrunde gelegt. Die Analyse beruht auf einer historischen Simulation. Diese geht der Frage nach, wie sich das unternehmerische Risiko verändert hätte, wenn im Zeitraum von 1996 bis 2015, also innerhalb von 20 Jahren, in den untersuchten Betrieben ErtV bzw. WIV für die Kulturart Winterweizen eingesetzt worden wären.

Die Wirkung von Absicherungen mit Indexversicherungen, d. h. die Wirkung des Hedging, auf das unternehmerische Risiko wird mit der **Hedgingeffektivität** (HE) gemessen. Dieser Maßstab dient zur Ermittlung der prozentualen Reduzierung der Schwankung der Bezugsgröße (vgl. z. B. EDERINGTON, 1979; GOLDEN et al., 2007; HIRSCHAUER und MUßHOFF, 2008b). Im Gegenteil zur Effizienz berücksichtigt die Effektivität nicht die Kosten und Leistungen (die Wirtschaftlichkeit) der Absicherung (HIRSCHAUER

und MUßHOFF, 2008b).³ Angesichts der hohen Bedeutung von Verlustgefahren konzentriert sich vorliegende Studie darüber hinaus auf die Reduktion von Verlusten bzw. sehr großen Verlusten.

Die Berechnung der HE erfolgt für verschiedene Hedgingstrategien, die sich in der Kontraktgestaltung und der Anzahl der eingesetzten Kontrakte (*hedge ratio*) unterscheiden.

Nach bisherigem Kenntnisstand ist dies die erste Studie, die auf der Grundlage einer deutschlandweiten Datenbasis untersucht, wie stark ErtV und WIV das unternehmerische Risiko in deutschen Ackerbaubetrieben verringern könnten.

Die Arbeit ist wie folgt aufgebaut. Kapitel 2 gibt einen Überblick der bisher vorliegenden Studien. Kapitel 3 beschreibt die Methodik und die Datengrundlage. In Kapitel 4 werden die HE dargestellt, die sich bei den verschiedenen Hedgingstrategien ergeben hätten. Kapitel 5 schließt mit einem Forschungsausblick.

2 Bisherige Studien zu Ertrags- und Wetterindexversicherungen

Ausgehend von den klimatischen Entwicklungen befassen sich wissenschaftliche Studien vermehrt mit den alternativen Risikomanagementinstrumenten ErtV und WIV (LIEBE et al., 2012). Die Nutzung von WIV als Risikomanagementinstrument⁴ in landwirtschaftlichen Betrieben wurde bereits vielfach untersucht. Die ErtV hingegen standen aufgrund der Herausforderungen bei der praktischen Umsetzung seltener im Fokus wissenschaftlicher Arbeiten.⁵ Neben Studien, die sich explizit mit dem Design oder der Bepreisung dieser Instrumente befassen (vgl. z. B. COBLE et al., 1997; MAHUL, 2003; RICHARDS et al., 2004; FOCK et al., 2008; XU et al., 2008), wird deren risikoreduzierende Wirkung analysiert (vgl. z. B. BREUSTEDT, 2004; PELKA et al., 2014). Um das Risikoreduzierungspotenzial eines Instruments zu bestimmen, kann auf die HE zurückgegriffen werden (vgl. z. B. EDERINGTON, 1979; GOLDEN et al., 2007; HIRSCHAUER und MUßHOFF, 2008b).

Unabhängig davon, ob ErtV oder WIV analysiert werden, betrachten die Studien vielfach Ertragsschwankungen, die dann häufig auch nur für ein Produkt betrachtet werden (vgl. z. B. BERG, 2002; BREUSTEDT, 2004; VEDENOV und BARNETT, 2004; ADEYINKA et al., 2016). Andere Risikoquellen wie Preisschwankungen für dieses Produkt sowie die Erträge und Preise anderer Kulturen oder Kosten etc. bleiben dabei unberücksichtigt. Demgegenüber nehmen einige Studien explizit eine gesamtbetriebliche Perspektive ein. Dies trifft insbesondere auf Analysen zum Risikoreduzierungspotenzial von WIV zu (vgl. z. B. HIRSCHAUER und MUßHOFF, 2008a; KELLNER und MUßHOFF, 2011; BUCHHOLZ und MUßHOFF, 2014; DOMS et al., 2018; URBAN, 2019). In DOMS et al. (2018) und URBAN (2019) wird beispielsweise die Wirkung dieses Instruments auf die Schwankung des GDBs

³ Aus der HE kann ohne weiteres keine eindeutige Handlungsempfehlung abgeleitet werden. Hierfür müsste man die Effizienz der Absicherung bewerten, d. h. die individuelle Risikoeinstellung und den Aufpreis der Versicherung gemeinsam in ein Erwartungsnutzenmodell integrieren. Das liegt jedoch jenseits der Ziele dieser Arbeit. In der vorliegenden Arbeit wird mit der Erfassung der HE die Basis für Risikomanagemententscheidungen geschaffen.

⁴ Im Folgenden wird alternativ der Begriff „Hedgingaktivität“ oder „Hedgingmöglichkeit“ verwendet.

⁵ Stattdessen wurden *multi-peril crop insurance* (vgl. z. B. SMITH und BAQUET (1996) oder COBLE et al. (1997)) oder indexbasierte Regions-ErtV (vgl. z. B. MIRANDA (1991), SKEES et al. (1997) oder GOODWIN und KER (1998)) untersucht.

untersucht. Im Gegensatz zur alleinigen Betrachtung der Ertragsschwankungen wird dabei berücksichtigt, dass andere Risikoquellen existieren, die gemeinsam zum einzelbetrieblichen Erfolgsrisiko beitragen und folglich auch die Wirkung eines Risikomanagementinstruments beeinflussen. ErtV wurden nach derzeitigem Kenntnisstand noch nicht im gesamtbetrieblichen Kontext untersucht.

Neben den Betrachtungsebenen unterscheiden sich auch die analysierten Regionen und deren Charakteristika. Nach DOMS et al. (2018) und URBAN (2019) fokussieren sich Analysen zu WIV bisher mehrheitlich auf ausgewählte Extremstandorte, insbesondere niederschlagsarme Regionen. Regionen mit moderaten Standortbedingungen waren hingegen kaum Gegenstand der Forschung. Dies trifft auch auf Analysen deutscher Betriebe zu.

In Bezug auf ErtV liegt der Forschungsschwerpunkt durch die Nähe zur Mehrgefahrenversicherung insbesondere auf Betrieben in den USA. Beispielhaft sind hier die Studien von SMITH und BAQUET (1996) und COBLE et al. (2000) anzuführen. In Bezug auf Deutschland analysierten beispielsweise BREUSTEDT (2004) oder KELLER (2010) ErtV bzw. Mehrgefahrenversicherungen im Rahmen einer großangelegten empirischen Studie. Bei BREUSTEDT (2004) bildeten Daten von deutschen Ackerbaubetrieben aus acht verschiedenen Bundesländern die Grundlage der Analyse.

Darüber hinaus unterscheiden sich die Studien in der verwendeten Datenbasis. Einerseits werden reale einzelbetriebliche Daten verwendet (CONRADT et al., 2015; DALHAUS und FINGER, 2016; BREUSTEDT, 2004; DOMS et al., 2018; HIRSCHAUER und MÜßHOFF, 2008a, 2008b; URBAN, 2019), andererseits liegen den Studien aggregierte Daten zugrunde (SUN et al., 2014; COBLE et al., 2000; KELLNER und MÜßHOFF, 2011; BUCHHOLZ und MÜßHOFF, 2014). Der Nachteil aggregierter Daten besteht darin, dass durch die erfolgte Aggregation die Schwankungen der (Erfolgs-)Größe geglättet werden. Somit weisen einzelbetriebliche und aggregierte Daten eine unterschiedliche Schwankung auf, was die Analyseergebnisse beeinflusst (vgl. z. B. DEBRAH und HALL, 1989). Individuelle gesamtbetriebliche Informationen sind jedoch rar, da es sich hierbei um sehr sensible unternehmerische Daten handelt. Sind sie verfügbar, umfasst der Datensatz selten mehr als 20 Jahre (vgl. z. B. LIEN et al., 2009). Das Problem zu kurzer Zeitreihen ist, dass zu wenige Informationen über die verschiedenen Risikoquellen vorliegen, die gemeinsam das Erfolgsrisiko bestimmen.

Der in diesem Abschnitt aufgezeichnete Forschungsstand macht deutlich, dass Forschungsbedarf einerseits bzgl. gesamtbetrieblicher Analysen besteht. Andererseits bedarf es einer empirisch basierten, realistischen Einschätzung der aus unternehmerischer Sicht erzielbaren Risikoreduzierung durch ErtV / WIV für die Breite der deutschen Ackerbaubetriebe.

3 Methodik und Datengrundlage

Zunächst werden das Konzept der Studie, die Vorgehensweise zur Analyse der HE und die untersuchten Absicherungsstrategien vorgestellt. Die entsprechenden Schritte sind in Abbildung 3.1 veranschaulicht. Anschließend werden die verwendeten Wetter- und Betriebsdaten beschrieben.

3.1 Ein Überblick über die methodische Vorgehensweise

Die HE, d. h. die Reduzierung des unternehmerischen Risikos resultierend aus einer Absicherung der Weizenerträge, wird in der vorliegenden Arbeit auf der Basis der GDB-Schwankungen betrachtet. Als aggregierte Erfolgsgröße gilt die Schwankung des GDB als unmittelbar betriebswirtschaftlich entscheidungsrelevante Maßzahl für die Wirkung von Risikomanagementmaßnahmen. Der GDB errechnet sich in der vorliegenden Studie aus dem gesamten Verkaufserlös abzüglich des gesamten Materialaufwandes aller im Buchführungsabschluss erfassten Unternehmenszweige (Details siehe Anhang 1 und Anhang 2).

In Ergänzung zum GDB wird auf Ertragsebene die Reduzierung der Schwankung des Normerlöses von Weizen betrachtet. Der Normerlös, d. h. der zu konstanten Preisen bewerteten Weizenertrag, ist zwar keine aggregierte Erfolgsgröße, dennoch wird der Normerlös aus den folgenden zwei Gründen verwendet: Zum einen wird der Normerlös in anderen Studien häufig als Indikator für die HE verwendet. Zum anderen lässt sich durch den Vergleich der Wirkung von Risikomanagementmaßnahmen auf Ertragsebene mit der Wirkung auf GDB-Ebene das ökonomische Basisrisiko quantifizieren.

Für beide Indikatoren, GDB und Normerlös, werden vier Absicherungsstrategien konzipiert und anschließend analysiert: eine pragmatisch abgeleitete Strategie und drei ex post optimierte Strategien (DOMS et al., 2018).

Im Fall der für die ErtV pragmatisch abgeleiteten Strategie wird jeder Ertragsverlust ausgeglichen, der unter dem langjährig mittleren Weizenertrag liegt.

Bei den ex post optimierten Strategien werden die Parameter der Hedgingstrategien betriebsindividuell so angepasst, dass die Schwankung des GDB bzw. des Normerlöses möglichst gering ist.

Die optimierten Strategien stellen damit eine Referenz dar, die aufzeigt, welche HE unter vollständiger Kenntnis des Ertrags- und GDB-verlaufs maximal möglich gewesen wäre.

Im Falle der GDB-optimierten Strategien wird auf die Darstellung der Wirkung auf Ertragsebene verzichtet, da diese Ergebnisse weniger relevant sind; vielmehr wird als Maß für die Effektivität der Strategien nur die GDB herangezogen.

Die Konzeption der ErtV und WIV erfolgt in dieser Studie beispielhaft für die Kulturart Winterweizen. Zum einen wird der Weizenanbau nahezu in allen Regionen Deutschlands durchgeführt, was einen Vergleich von Hedginginstrumenten unter unterschiedlichen Umweltbedingungen ermöglicht. Zum anderen ist Winterweizen die bedeutendste Ackerkultur in vielen Betrieben in Deutschland und damit von erheblicher ökonomischer Bedeutung für viele Einzelbetriebe (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2019).

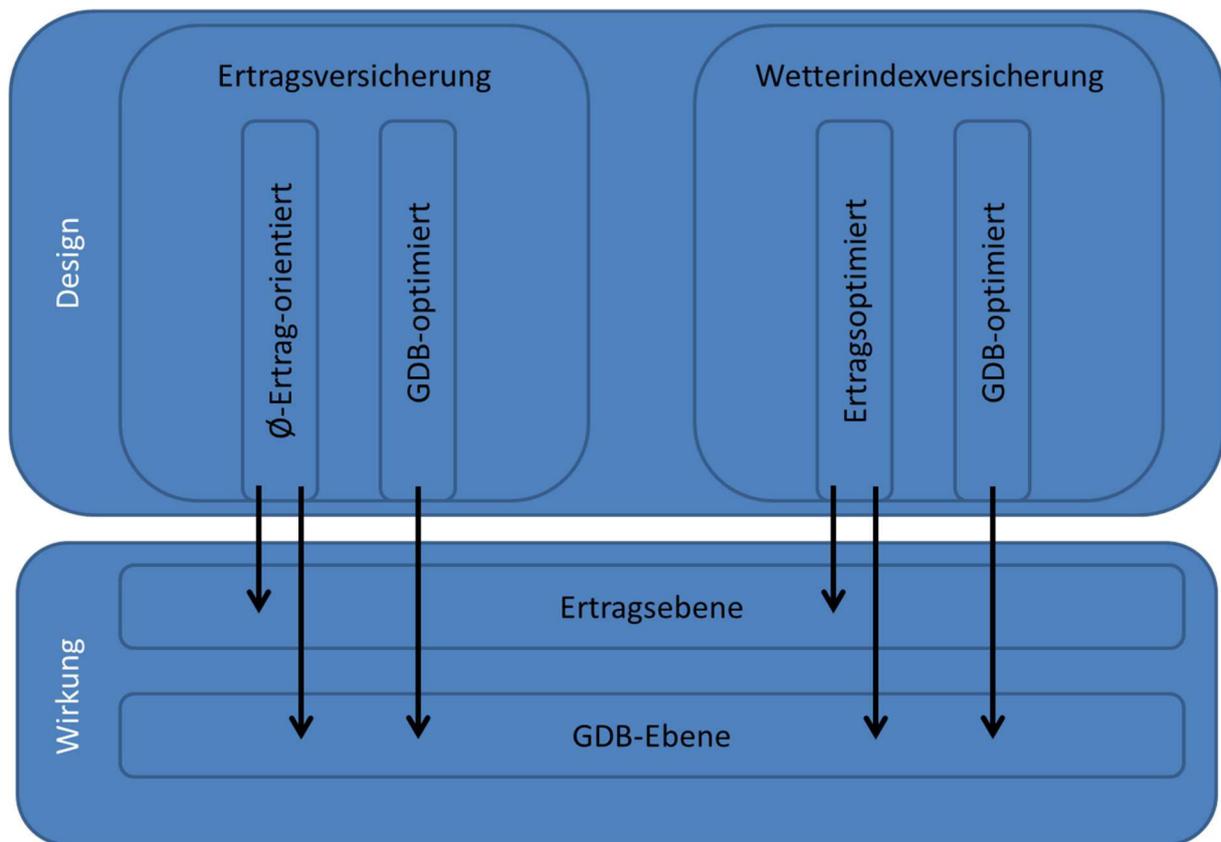


Abbildung 1: Überblick über das methodische Vorgehen dieser Studie; Quelle: Eigene Darstellung

3.2 Bestimmung der Hedgingeffektivität mit Hilfe historischer Simulation

Zur Bestimmung der schwankungsreduzierenden Wirkung von ErtV und WIV auf Ertragsebene und GDB-Ebene werden zunächst die Versicherungszahlungen berechnet, die infolge eines Versicherungsfalls an den Versicherungsnehmer gezahlt werden. Anschließend werden die Normerlös- bzw. GDB-Zeitreihe inklusive der Versicherungszahlungen ermittelt. Abschließend wird daraus die HE abgeleitet. Die Zahlungsströme eines Versicherungsvertrags entsprechen von ihrer Struktur her einer Put- oder einer Call-Option:

Durch Zahlung der Prämie erhält der Versicherungsnehmer (Optionsnehmer) bei einer Put-Option das Anrecht auf eine Zahlung Z im Jahr t , wenn der vertraglich vereinbarte Basiswert U (z. B. der Wetterindex „Mai-Niederschlagssumme“) im Jahr t unter einen vereinbarten Schwellenwert K (*strike level*) fällt.

Die Höhe der Zahlung des Versicherungsgebers (Optionsgebers) an den Versicherungsnehmer ergibt sich durch Multiplikation der Schwellenunterschreitung (z. B. 50 mm) mit der *tick size* V (z. B. 1 € je mm Unterschreitung).

Im Gegensatz dazu erfolgt bei einer Call-Option eine Zahlung Z , wenn der Basiswert über dem vereinbarten Schwellenwert liegt. Die Gesamtzahlung für den Versicherungsnehmer ergibt sich durch Multiplikation der Zahlung je Kontrakt mit der Kontraktzahl A . Es wird unterstellt, dass die Versicherungsnehmer einen einkommensneutralen Kontrakt abschließen können und lediglich eine

Prämie in Höhe der Fairen Prämie FP zahlen müssen.⁶ Der von den Versicherungen in der Praxis erhobene Aufpreis für Verwaltungskosten, Rückversicherung und Gewinnmarge wird in der Analyse nicht berücksichtigt, da es in der vorliegenden Studie nur um die Risikowirksamkeit verschiedener Hedgingstrategien geht.⁷

Der GDB bzw. Normerlös mit Versicherung x_t^{mit} wird entsprechend der Gleichung (1) berechnet. Die Variable x_t^{ohne} ist als GDB bzw. Normerlös ohne Versicherung definiert und geht aus den Betriebsdaten hervor.

$$x_t^{mit} = x_t^{ohne} + (Z_t - FP) * A_t \quad (1)$$

Für die Messung der HE wird das Risiko quantifiziert. Häufiges Risikomaß für die Ermittlung der HE ist die Standardabweichung, die die Streuung der Zielgröße um ihren Mittelwert misst (PELKA et al., 2014). Da nach dem Einsatz einer wirkungsvollen Versicherung die Verteilung der Zielgröße links gestutzt (rechtsschief) ist (HIRSCHAUER und MUßHOFF, 2008b) sowie angesichts der besonderen Bedeutung von Verlusten im Risikomanagement wird in der vorliegenden Studie die HE mit der Reduktion von Verlustrisiken gemessen (VEDENOV und BARNETT, 2004; FINGER et al., 2018).

Diesbezüglich bietet sich die Semistandardabweichung an, weil sie äquivalent zur Standardabweichung berechnet wird und eine vergleichbare Dimension wie die zugrundeliegende Zielgröße hat. Zudem werden durch das Quadrieren extreme Abweichungen stärker gewichtet, was der größeren Bedeutung sehr großer Verluste für die Stabilität der landwirtschaftlichen Unternehmen gerecht wird. Das Risikomaß *Verlustwahrscheinlichkeit* wäre in der vorliegenden Arbeit nicht geeignet, da es das Schadensausmaß nicht berücksichtigt. Die Semistandardabweichung SSA ist definiert als:

$$SSA[x^*] = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \min(0, x_t - x^*)^2} \quad (2)$$

Dabei wird in der vorliegenden Arbeit die SSA für zwei unterschiedliche kritische Werte x^* , d. h. zwei Risikomaße, betrachtet. Für das erste Risikomaß entspricht der kritische Wert dem langjährigen Mittelwert (SSA für die Unterschreitung des Mittelwerts) und für das zweite Risikomaß einer Verlustschwelle für sehr große Verluste (SSA für sehr große Verluste):

⁶ Die Faire Prämie wird gemäß Burn-Analyse (JEWSON und BRIX, 2005) als arithmetisches Mittel der historischen Versicherungszahlungen ermittelt.

⁷ Der Aufpreis ist allerdings ein wichtiges Entscheidungskriterium. Ein risikoaverser Landwirt muss abwägen, ob er bereit ist, eine Risikoprämie in Höhe des Aufpreises für die mit der Versicherung erzielte Risikoreduzierung zu bezahlen.

(1) SSA für die Unterschreitung des Mittelwerts

Mit dem Risikomaß „SSA für die Unterschreitung des Mittelwerts“ werden analog zur Standardabweichung alle Unterschreitungen des langjährigen Mittels bei der Berechnung des Risikos berücksichtigt. Hierfür wird der kritische Wert x^* als arithmetisches Mittel \bar{x} aller Werte x_t festgelegt. Analog zur Berechnung der HE bei Verwendung der Standardabweichung (PELKA et al., 2014), wird die HE der SSA für den Mittelwert als prozentuale (relative) Reduzierung der SSA angegeben:

$$HE_{absolut}^{\bar{x}} = SSA[x^* = \bar{x}]^{ohne} - SSA[x^* = \bar{x}]^{mit}$$
$$HE^{\bar{x}} = \frac{HE_{absolut}^{\bar{x}}}{SSA[x^* = \bar{x}]^{ohne}} \quad (3)$$

(2) SSA für sehr große Verluste

Mit einem zweiten Risikomaß, der SSA für sehr große Verluste, werden durch einen sehr niedrigen kritischen Wert x^* nur sehr große Verluste in die Berechnung der SSA einbezogen. Auf diese Weise können sehr große Verluste von kleineren Verlusten differenziert werden, da sehr große Verluste für Unternehmer besonders relevant sind. Bei sehr großen Verlusten handelt es sich in der vorliegenden Arbeit um Ereignisse, bei denen das langjährige Mittel \bar{x} um mindestens 30 % unterschritten wird. Diese Formulierung basiert auf der Standardverlustschwelle in Höhe von 30 % (englisch „severe events“), die die Förderfähigkeit für viele europäische Katastrophen- und Risikomanagementinstrumente festlegt (EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2013) und gleichzeitig gemäß Richtlinien der WTO Schadschwelle für green box-fähige staatliche Katastrophenhilfen oder Versicherungssubventionen ist (WTO, 1994).

In der überwiegenden Zahl der Publikationen wird die HE als relative (prozentuale) Reduktion des Risikos angegeben und nicht als absolute Reduktion. In dieser Studie wird für die Berechnung der Reduktion von sehr großen Verlusten von dieser üblichen Vorgehensweise abgewichen, weil eine Bestimmung der relativen Reduktion nicht immer möglich ist. Der Grund hierfür ist, dass bei einzelnen Betrieben keine sehr großen Verluste (> 30 %) vorkommen und diese deshalb im Nenner eine „Null“ stehen hätten. Stattdessen berechnen wir einzelbetrieblich die absolute Reduktion der SSA. Gleichung 4 definiert die absolute HE für sehr große Verluste mit dem kritischen Wert $x^* = \bar{x} * (1 - 0,3) = \bar{x} * 0,7$.

$$HE_{absolut}^{SGV} = SSA[x^* = \bar{x} * 0,7]^{ohne} - SSA[x^* = \bar{x} * 0,7]^{mit} \quad (4)$$

Zur Verbesserung der Interpretationsfähigkeit der absoluten HE für sehr große Verluste ($HE_{absolut}^{SGV}$) wird zusätzlich erstens die absolute Häufigkeit sehr großer Verluste ohne Versicherung ($SSA[SGV]^{ohne}$) angegeben und zweitens eine relative HE aus der durchschnittlichen absoluten HE

des Samples ($\overline{HE_{absolut}^{SGV}}$) und der durchschnittlichen SSA des Samples ohne Versicherung ($SSA[x^* = \bar{x} * 0,7]^{ohne}$) berechnet.⁸

$$HE^{SGV} = \frac{\overline{HE_{absolut}^{SGV}}}{SSA[x^* = \bar{x} * 0,7]^{ohne}} \quad (5)$$

3.3 Design der analysierten Hedgingstrategien

Unter Hedgingstrategie wird die Entscheidung verstanden, bestimmte Versicherungsinstrumente (Kontrakte) in einem bestimmten Umfang (Kontraktzahl, *hedge ratio*) einzusetzen. Eine Hedgingstrategie ergibt sich aus der Spezifikation des jeweiligen Kontrakts und der *hedge ratio*. Tabelle 1 gibt einen Überblick der untersuchten Hedgingstrategien.

Tabelle 1: Design der vier analysierten Hedgingstrategien im Überblick

	Hedgingstrategien			
	Ertragsversicherung		Wetterindexversicherung	
	Ø-Ertrag orientiert	GDB-optimiert	Ertrag-optimiert	GDB-optimiert
Versicherungszahlungen (Z_t)	Put: $Z_t^p = V * \max(K - U_t, 0)$ Call: $Z_t^c = V * \max(U_t - K, 0)$			
Faire Prämie FP	$FP = \frac{1}{T} \sum Z_t$			
„DB“ der Versicherung	$Z_t - FP$			
Basiswert (U)	Naturalertrag		Niederschlagsindex der Phase „Schossen“	
Tick size (V)	Ø Weizenpreis	Optimiert ¹⁾	Optimiert ¹⁾	Optimiert ¹⁾
Strike level (K)	Ø Weizenertrag	Optimiert	Optimiert	Optimiert
Anzahl der Kontrakte (A)	1 Kontrakt je ha Weizen	Optimiert	Optimiert	Optimiert

Anmerkung: 1) Wird durch die Optimierung der Kontraktanzahl mit abgedeckt, denn eine Veränderung der *tick size* ist äquivalent mit einer Veränderung der Kontraktanzahl.

Quelle: Eigene Darstellung.

⁸ Berechnet man mit Hilfe dieses Verfahrens die $HE^{\bar{x}}$, so lassen sich für die Ergebnisse der $HE^{\bar{x}}$ kaum Änderungen feststellen.

Es werden zwei Strategien auf Basis einer Ertragsversicherung untersucht (siehe Tabelle 1). Beide beruhen auf einem Kontrakt, der sich auf den Basiswert „Weizenertrag“ als Auslöser für Auszahlungen bezieht. Bei beiden Strategien wird der Weizenertrag zur Bestimmung der Versicherungsleistung mit dem konstanten mehrjährigen Durchschnittspreis multipliziert.

- (1) Bei der am Durchschnittsertrag orientierten Strategie ergibt sich eine Versicherungszahlung, wenn der Weizenertrag den langfristigen betrieblichen Weizendurchschnittsertrag (*strike level*) unterschreitet. Bezüglich der *hedge ratio* wird unterstellt, dass pro Hektar Weizen ein Kontrakt gekauft wird. Diese Strategie dient als pragmatischer Ansatz mit dem Ziel, Verluste aus unterdurchschnittlichen Ernteerträgen zu vermeiden.
- (2) Für die Hedgingstrategie „GDB-optimierte ErtV“ werden ex post auf Basis der historischen Zeitreihen jedes Betriebs das *strike level* und die *hedge ratio* ermittelt, die im Rückblick zu der geringsten SSA geführt hätten.⁹ Diese Strategie dient als Benchmark, um zu ermitteln, welche HE bei vollständiger Kenntnis der Zeitreihen und bestmöglichem Hedgingdesign durch einen finanziellen Ausgleich der Rückgänge des Weizenertrags maximal möglich gewesen wäre.

Die untersuchten Wetterindexversicherungen basieren auf einem niederschlagsbezogenen Wetterindex, da der Niederschlag in Deutschland von übergeordneter Bedeutung für die Ertragsbildung ist (BERG und SCHMITZ, 2008; KELLNER und MUßHOFF, 2011). Im Unterschied zu anderen Studien zu Wetterindexversicherungen (VEDENOV und BARNETT, 2004; TURVEY, 2005; BERG und SCHMITZ, 2008) wird die Hedgingperiode, auf die sich der Index bezieht, nicht anhand fest definierter Kalendertage bestimmt. Vielmehr wird sie durch die phänologische Phase „Schossen“ im jeweiligen Jahr definiert, da diese eine starke Wirkung auf die Ertragsbildung hat (LÜTKE ENTRUP und SCHÄFER, 2011: 328 ff.). CONRADT et al. (2015) folgend führte dieser Ansatz im Vergleich zur Verwendung von Kalendermonaten zu einer besseren HE von WIV. Deswegen wird der Index auf Basis des jährlichen Niederschlags in der Phase „Schossen“ für jede deutsche Gemeinde bestimmt. Zur Bestimmung des örtlichen Niederschlags werden, DALHAUS und FINGER (2016) folgend, Rasterniederschlagsdaten verwendet. Insgesamt werden zwei WIV-bezogene Hedgingstrategien untersucht (siehe Tabelle 1):

- (1) Bei der Hedgingstrategie „ertragsoptimierte WIV“ werden ex post auf Basis der historischen Zeitreihen jedes Betriebs das *strike level* und die *hedge ratio* ermittelt, die im Rückblick zur geringsten SSA des Normerlöses geführt hätten. Da in einigen deutschen Regionen nicht nur zu geringe, sondern auch zu hohe Niederschläge zu Ertragsdepressionen führen können, wird neben der Put-Option zudem eine Call-Option (Versicherungszahlung bei Überschreitung des definierten *strike levels*) analysiert. Diese Strategie dient dazu, das Potenzial des vorliegenden Niederschlagsindex zum Ausgleich von Ertragsverlusten aufzuzeigen.
- (2) Bei der Hedgingstrategie „GDB-optimierte WIV“ werden ex post auf Basis der historischen Zeitreihen jedes Betriebs das *strike level* und die *hedge ratio* ermittelt, die die SSA der relevanten

⁹ Bei der ErtV wird nur eine Put-Option analysiert, da die Call-Option einer ErtV Versicherungszahlungen leisten würde, wenn die Erträge überdurchschnittlich („zu gut“) sind.

Zielgröße GDB minimiert hätten („GDB-optimiert“). Auf GDB-Ebene können ebenfalls zu hohe Niederschläge negative Folgen haben, weshalb diesbezüglich auch Put- und Call-Optionen analysiert werden. Diese Strategie dient dazu, das Potenzial des vorliegenden Niederschlagsindex zur Reduzierung der GDB-Verluste aufzuzeigen.

Die Kontraktparameter (*strike level* und *hedge ratio*) der optimierten Strategien wurden unter Verwendung der Software GAMS mit Hilfe einer numerischen Optimierung auf Basis einer systematischen Rastersuche ermittelt.¹⁰

3.4 Datengrundlage

3.4.1 Betriebsdaten – das Testbetriebsnetz des BMEL

Für die Analyse notwendige einzelbetriebliche Daten werden dem Testbetriebsnetz des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft entnommen (BMEL, 2019).

Das Testbetriebsnetz erfasst zum Zweck der Ermittlung der Einkommenslage der Landwirtschaft (gemäß Landwirtschaftsgesetz 1955) die jährlichen Buchführungsabschlüsse und Naturalerträge von über 10.000 landwirtschaftlichen Betrieben in Deutschland.

Zur Erfassung der heterogenen Betriebsstrukturen der deutschen Landwirtschaft wird die Stichprobe nach Betriebsgröße, Produktionsrichtung und Region geschichtet. Die Zusammensetzung der Stichprobe ändert sich jedes Jahr um ca. 500 Betriebe aufgrund der wechselnden Teilnahme landwirtschaftlicher Betriebe.

Für die vorliegende Studie werden nur Betriebe betrachtet, für die im Zeitraum 1996 bis 2015 für mindestens 14 Jahre Buchführungsabschlüsse im Testbetriebsnetz vorliegen und dabei keine Aufzeichnungslücke von mehr als zwei Beobachtungen in Reihe haben. Fehlt ein Wert in einem Jahr (z. B. der Ertrag), wird der gesamte Betrieb in diesem Jahr von der Untersuchung ausgeschlossen. Ziel ist die Analyse der Wirkung von Absicherungsstrategien in Ackerbaubetrieben im Haupterwerb. Entsprechend der Betriebstypisierung der Europäischen Kommission (2008) wird ein Betrieb als Ackerbaubetrieb identifiziert, wenn 2/3 der gesamtbetrieblichen Bruttowertschöpfung durch den Ackerbau erzielt werden. Nicht betrachtet werden juristische Personen, ökologische Betriebe oder Nebenerwerbslandwirte, weil diese unter anderen ökonomischen Rahmenbedingungen wirtschaften als der konventionelle Haupterwerbsbetrieb und deshalb einer eigenen Untersuchung unterzogen werden sollten. Kleinstbetriebe mit unter 20 ha LF wurden ausgeschlossen, da angenommen wurde, dass bei den entsprechend kleinen Betriebsstrukturen besondere ökonomische Rahmenbedingungen vorliegen, die die Ergebnisse dieser Studie verzerren könnten. Auch Betriebe mit weniger als 5 ha Weizenanbaufläche wurden nicht betrachtet, da der Weizenanbau dann zwangsläufig eine geringe Bedeutung für das Gesamtbetriebsergebnis hat und Beobachtungsfehler und Sondereinflüsse

¹⁰ Dabei wurde in einem vorher definierten Lösungsraum für eine Vielzahl (>20.000) unterschiedlicher *strike level-hedge ratio*-Kombinationen das Erfolgsrisiko bzw. die Schwankung des Normerlöses berechnet. Das entsprechende Optimierungsraster ist Anhang 3 zu entnehmen. Für den Fall, dass mehrere *strike level* oder *hedge ratios* zum risikominimalen Hedgingdesign führen, wird das Design ausgewählt, welches im gesamten landwirtschaftlichen Unternehmen die niedrigste Faire Prämie hat.

potenziell eine größere Bedeutung für die jährliche Ertragshöhe haben. Es bleiben 377 Betriebe im Sample mit durchschnittlich 179 ha LF je Betrieb, wovon durchschnittlich 38 % Weizen sind.

Das Sample der vorliegenden Studie ist in Tabelle 2 charakterisiert.

Tabelle 2: Die Stichprobe landwirtschaftlicher Betriebe (N=377)

	Mittelwert	Minimum	25. Perzentil	75. Perzentil	Maximum
ha LF	179,1	24,7	73,4	219,2	1.494,5
% Weizen an der LF	38,9	4,6	31,1	47,5	71,2
GDB in €	105.281	5.515	52.136	126.646	674.212
GDB €/ha	700	99	408	855	3.685

Quelle: Eigene Berechnungen.

Für die Analyse der Testbetriebsnetzdaten im Hinblick auf Risikomanagementinstrumente werden die Zeitreihen des Testbetriebsnetzes mit einem linearen Trend trendbereinigt. Zusätzlich werden der GDB und die Preise deflationiert, da die Deflation in Deutschland relativ konstant ist und somit kein Risiko darstellt.

Aufgrund heterogener Standortbedingungen in Deutschland wird die Analyse der HE räumlich differenziert. Eine räumliche Differenzierung ist insbesondere für Trockenheit bzw. Nässe von Bedeutung, da diese aus dem Zusammenwirken von Standortbedingungen wie Boden und Niederschlag entstehen (GÖMANN et al., 2015). Für eine Einteilung Deutschlands in homogene landwirtschaftliche Raumeinheiten werden die Bodenklimaräume verwendet (ROßBERG et al., 2007). In Anlehnung an GÖMANN et al. (2015) werden die Bodenklimaräume zu 16 Raumeinheiten zusammengefasst, damit einerseits möglichst homogene Standortbedingungen gewahrt bleiben und andererseits genügend Betriebe je Raumeinheit zur Verfügung stehen. Für die Bodenklimaräume Schwarzwald, westliche Mittelgebirge und Harz-Rhön enthält das Sample je Bodenklimaraum weniger als drei Betriebe, weshalb diese Bodenklimaräume aus dem Sample entfernt werden (insgesamt 8 Betriebe). Abbildung 3.2 zeigt eine Übersicht mit den Bodenklimaräumen Deutschlands und die Anzahl der dort ansässigen Betriebe des Samples.

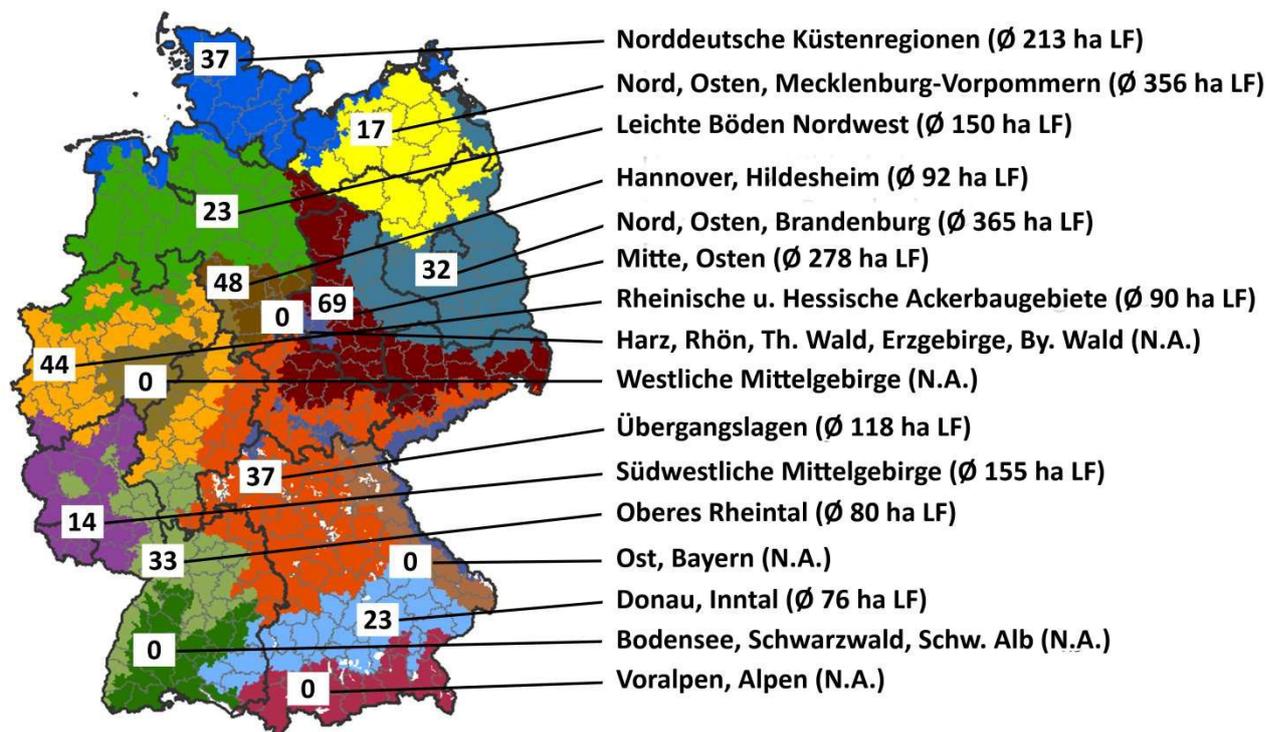


Abbildung 3.2: Bodenklimaräume Deutschlands mit der jeweiligen Anzahl von Betrieben in der Stichprobe und deren durchschnittliche LF/Betrieb
 Quelle: Verändert nach GÖMANN et al. (2015)

Eine ausführliche Beschreibung der nach Bodenklimaräumen geclusterten Betriebscharakteristika ist dem Anhang 4 zu entnehmen.

Ein Vergleich der regionalen Verteilung der Betriebe dieser Stichprobe mit der deutschen Grundgesamtheit von Ackerbaubetrieben (Haupterwerb und Nebenerwerb) ist in Tabelle 3 dargestellt. Die Unterrepräsentation süddeutscher Betriebe ist auf den hohen Anteil von Nebenerwerbsbetrieben dort zurückzuführen, die in der vorliegenden Studie nicht berücksichtigt werden.

Tabelle 3: Die regionale Verteilung der Betriebe der Stichprobe im Vergleich zu Ackerbaubetrieben der deutschen Grundgesamtheit im Jahr 2016

	N Sample (in %) ¹⁾	N Deutschland (in %) ¹⁾
Nord (Schleswig-Holstein, Niedersachsen)	24,9	16,9
Ost (Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Sachsen, Sachse-Anhalt, Thüringen)	36,9	11,4
Süd (Bayern, Baden-Württemberg)	14,6	49,4
West (Saarland, Rheinland-Pfalz, Hessen, Nordrhein-Westfalen)	23,6	22,3

Quelle: 1) Eigene Berechnungen, 2) STATISTISCHES BUNDESAMT (2017).

3.4.2 Agrarmeteorologische Daten

Die Grundlage für die Modellierung der hier analysierten WIV bildeten Niederschlagsrasterdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) und phänologische Rasterdaten, die basierend auf dem Modell „Phase“ (Phenological model for Applications in Spatial and Environmental Sciences) von GERSTMANN et al. (2016) hergeleitet wurden.

3.4.2.1 Niederschlagsrasterdaten

Für Deutschland werden tägliche Niederschlagsrasterdaten durch den DWD frei zugänglich über den FTP-Server zur Verfügung gestellt (DEUTSCHER WETTERDIENST, 2018c). Sie wurden mit Hilfe des Verfahrens „Regionalisierung der Niederschlagshöhen“ (Regnie) anhand von Stationsdaten berechnet und werden deshalb auch als regionalisierte Niederschläge bezeichnet (RAUTHE et al., 2013; DEUTSCHER WETTERDIENST, 2018b).¹¹ Grundlage hierfür sind tägliche Niederschlagsdaten, die an ca. 2000 unregelmäßig über Deutschland verteilten Wetterstationen¹² von 1931 bis heute gemessen wurden bzw. werden (siehe Abbildung 3.3). Um tägliche Rasterdaten zu erhalten, werden die täglichen Stationsdaten auf ein Raster von 1x1 km interpoliert. Bei dem verwendeten Interpolationsverfahren ist eine multiple lineare Regression, in der verschiedene Einflussfaktoren, wie die geographischen Länge und Breite oder Höhe über NN einer Station einfließen, mit einer inversen Distanzgewichtung (engl. inverse distance weighting) kombiniert worden. Bei der zuletzt genannten Methodik handelt es sich um ein nichtstatistisches Interpolationsverfahren. Die Daten liegen im ASCII-Format vor und müssen vor der Verwendung in ein herkömmliches Rasterformat transformiert werden (eine Beschreibung der Vorgehensweise findet sich in MÖLLER et al., 2018).

3.4.2.2 Phänologische Rasterdaten

Phänologische Daten werden für Deutschland ebenfalls durch den DWD kostenfrei und online bereitgestellt (DEUTSCHER WETTERDIENST, 2018a). Sie liegen jedoch nicht als Rasterdaten, sondern als Punktdaten vor. Die phänologischen Informationen werden seit 1951 durch ca. 1200 freiwillige Beobachter in ganz Deutschland erhoben (siehe Abbildung 3.3). Die erhobenen Daten melden die Beobachter an den DWD, der diese dann aufbereitet und der Öffentlichkeit zugänglich macht. Gemäß festgelegten Kriterien erfassen die Beobachter den Beginn jeder phänologischen Phase der am häufigsten angebauten Kulturen (KASPAR et al., 2014). Der Beginn einer phänologischen Phase entspricht dabei einem bestimmten Tag des Jahres. Neben Informationen zu landwirtschaftlichen Kulturpflanzen werden beispielsweise auch die Eintrittsdaten der phänologischen Phasen von Wildpflanzen oder Forst- und Ziergehölzen beobachtet. Die beobachteten Kulturen und korrespondierenden phänologischen Phasen finden sich in KASPAR et al. (2014). Die Entwicklungsstadien jeder Pflanze werden an verschiedenen Orten in Deutschland erhoben. In dieser Studie werden lediglich die Informationen zum Beginn der Phase „Schossen“ und „Ährenschieben“ von Winterweizen verwendet.

¹¹ Weitere Informationen zur Methode „Regnie“ können den erwähnten Papieren entnommen werden.

¹² Die Anzahl von Wetterstationen variiert von Jahr zu Jahr, weshalb die Anzahl der Wetterstationen nur ungefähr angegeben werden kann.

Um diesen verfügbaren phänologischen Punktdatensatz in einen deutschlandweiten Rasterdatensatz räumlich zu interpolieren, wurde das Modell „Phase“ verwendet (GERSTMANN et al., 2016). Dem Modell liegt die Methode der Wachstumsgradtage zugrunde. Hierbei werden die beobachteten phänologischen Eintrittsdaten mit phasen-spezifischen Temperatursummen in Verbindung gebracht. Dieser Methodik liegt die Annahme zugrunde, dass der Eintritt der phänologischen Phasen erheblich durch die Temperatur beeinflusst wird (CHMIELEWSKI et al., 2004). Die Interpolation auf ein Raster von 1x1 km erfolgt im Rahmen dieser Modellierung mit Hilfe des geostatistischen Verfahrens „Kriging“. Die Ergebnisse der Interpolation können nach MÖLLER et al. (2017) für die Definition der phänologischen Phasen genutzt werden. Beispielsweise entspricht die phänologische Phase „Schossen“ dem Zeitraum zwischen dem Beginn der Phase „Schossen“ und „Ährenschieben“.

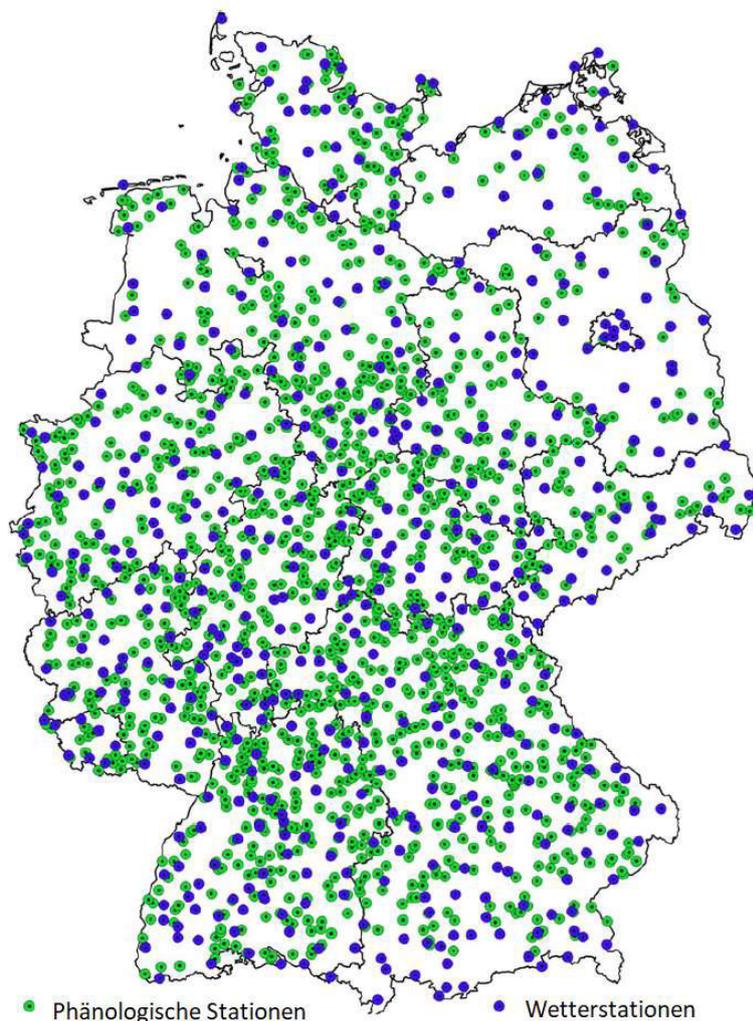


Abbildung 3.3: Verteilung der phänologischen Stationen und Wetterstationen des DWDs
Quelle: Möller et al. (2018)

4 Hedgingeffektivität der Hedgingstrategien

Kapitel 4 stellt die Ergebnisse der HE vor: Für die am Durchschnittsertrag orientierte ErtV (Abschnitt 4.1), für die ex post optimierten Strategien (Abschnitt 4.2) und für wichtige Einflussfaktoren auf die HE (Abschnitt 4.3).

4.1 Am Durchschnittsertrag orientierte Strategie

Zunächst wird dargestellt, wie sich die am Durchschnittsertrag orientierte ErtV auf das erste Risikomaß, die SSA für die Unterschreitung des Mittelwertes, auswirkt, bevor anschließend die Wirkung auf das zweite Risikomaß, die SSA für sehr große Verluste, geprüft wird.

4.1.1 Hedgingeffektivität für die Unterschreitung des Mittelwerts

In Tabelle 4 ist aufgeführt, wie sich das erste Risikomaß, d. h. die SSA für die Unterschreitung des Mittelwertes, für den Normerlös und den GDB verändert hätten, wenn eine am Durchschnittsertrag orientierte ErtV eingesetzt worden wäre. Die Anwendung der ErtV führt bei allen 377 Betrieben zu einer sinkenden SSA des Normerlöses, im Mittel um 58,3 %. Die Ertragsrückgänge werden nicht vollständig ausgeglichen, d. h. die Reduzierung der SSA ist kleiner 100 %, weil die Faire Prämie jährlich gezahlt werden muss. Dies führt dazu, dass in einzelnen Jahren der Normerlös inklusive Versicherung unter dem durchschnittlichen Normerlös liegt. Weiterhin zeigen die Ergebnisse der Tabelle 4, wie auch die Ergebnisse der folgenden Tabellen (bspw. anhand der Perzentile), dass die Reduzierung der SSA sich einzelbetrieblich substantiell unterscheiden kann. Die Hälfte der Betriebe erreicht eine Reduzierung der SSA um 53,8 bis 62,6 %. Insgesamt variiert die Reduzierung der SSA zwischen 38,7 und 75,4 %.

Obwohl diese am Durchschnittsertrag orientierte ErtV die SSA für die Unterschreitung des Mittelwertes auf der Ertragsebene deutlich reduziert, ist der Effekt auf der GDB-Ebene deutlich geringer. Im Mittel über alle Betriebe des Samples sinkt die SSA um 3,3 %. Bei 248 der 377 Betriebe führt diese Strategie zu einer Reduktion der SSA, bei den restlichen 137 Betrieben ist diese Strategie ineffektiv oder wirkt risikoe erhöhend. Die einzelbetriebliche Risikoerhöhung ist auf das ökonomische Basisrisiko zurückzuführen. Konkret bedeutet dies, dass aufgrund der z. T. gegenläufigen Wirkung anderer Risikofaktoren (wie z. B. Preise oder Erträge) das langjährige Mittel des GDB nicht oder nur wenig unterschritten wird, während trotzdem die Faire Prämie jährlich gezahlt wird, was deshalb die Verluste in einzelnen Jahren erhöhen kann. Zudem ist zu beobachten, dass 50 % aller landwirtschaftlichen Unternehmen eine HE zwischen -1,1 % und 7,7 % haben. Darüber hinaus variiert die HE auf GDB-Ebene zwischen -15,1 % und 25,1 %.

Tabelle 4: Reduzierung der Semistandardabweichung für die Unterschreitung des Mittelwerts auf Ertragsebene und auf GDB-Ebene (= HE) für die am Durchschnittsertrag orientierte Ertragsversicherung (in %)

Hedgingstrategie		Ø-orientierte Ertragsversicherung	
		Ertrag	GDB
Wirkungsebene		Put	Put
Optionstyp		Put	Put
Alle Betriebe	Mittelwert	58,3	3,3
	Minimum	38,7	-15,1
	25. Perzentil	53,8	-1,1
	75. Perzentil	62,6	7,7
	Maximum	75,4	25,1
> 0 ¹⁾	Mittelwert	58,3	6,8
	N	377	248

Anmerkung: 1) Betriebe mit einer Reduzierung > 0 %.

Quelle: Eigene Berechnungen.

4.1.2 Hedgingeffektivität für sehr große Verluste

Die Wirkung der am Durchschnittsertrag orientierten ErtV auf sehr große Verluste wird mit einem zweiten Risikomaß gemessen. Anders als beim ersten Risikomaß werden zur Berechnung der SSA für sehr große Verluste nur Ereignisse betrachtet, die die Zielgröße mindestens um 30 % unterschreiten. Durch die Nutzung einer am Durchschnittsertrag orientierten ErtV hätte die SSA für sehr große Verluste auf Ertragsebene im Mittel um 11,8 €/ha reduziert werden können (Tabelle 5). Mit Blick auf die sehr großen Verluste ohne Versicherung ($SSA[SGV]^{ohne}$, vgl. Kapitel 3.2), die im Mittel ebenfalls bei 11,80 €/Betrieb liegen, wird deutlich, dass auf Ertragsebene durch die ErtV alle sehr großen Verluste – wie zu erwarten ist – vermieden werden. Auf GDB-Ebene wird durch den Einsatz der am Durchschnittsertrag orientierten ErtV die SSA für sehr große Verluste im Mittel um 906 €/Betrieb reduziert. Angesichts dessen, dass im Mittel über alle Betriebe die SSA für sehr große Verluste bei 7.353 €/Betrieb liegt, beträgt die HE für sehr große Verluste rund 12 % (= 907/7.353). Außerdem zeigen die Ergebnisse, dass sich die SSA für sehr große GDB-Verluste bei einzelnen Betrieben durch den Einsatz von ErtV sogar erhöhen kann (Minimum bei -5.806 €/Betrieb), weil die Faire Prämie jährlich gezahlt werden muss und somit bei gleichzeitig nicht erfolgter Versicherungszahlung zu einer zusätzlichen Erhöhung der sehr großen Verluste führt. Insofern ist auch bei sehr großen Verlusten das ökonomische Basisrisiko zu beobachten.

Tabelle 5: Reduzierung der Semistandardabweichung für sehr große Verluste (> 30 %) auf Ertragsebene (€/ha) und auf GDB-Ebene (= HE, €/Betrieb) für die am Durchschnittsertrag orientierte Ertragsversicherung

Hedgingstrategie		Reduzierung der SSA für sehr große Verluste ($HE_{absolut}^{SGV}$)		SSA für sehr große Verluste ohne Versicherung ($SSA[SGV]^{ohne}$)	
		ErtV		Ertrag	GDB
Wirkungsebene		Ertrag	GDB	Ertrag	GDB
Optionstyp		Put	Put		
Alle Betriebe	Mittelwert	11,8	906	11,8	7353
	Minimum	0	-5806	0	0
	25. Perzentil	0	-269	0	2034
	75. Perzentil	18,7	1118	18,7	9758
	Maximum	95,5	23219	95,5	74160
> 0 ¹⁾	Mittelwert	26,7	2113	26,7	7765
	N	166	208	166	357

Anmerkung: 1) Betriebe mit $HE_{absolut}^{SGV} > 0$ bzw. $SSA[SGV]^{ohne} > 0$.

Quelle: Eigene Berechnungen.

Zusammenfassend zeigt die Analyse der am Durchschnittsertrag orientierten ErtV, dass diese Hedgingstrategie auf Ertragsebene zu einer substantiellen Reduktion der SSA geführt hätte bzw. die sehr großen Verluste vollständig ausgleichen würden. Sie trägt auch, allerdings in deutlich geringerem Umfang, zur Reduzierung der Schwankungen des GDB bei. Im Mittel über alle Betriebe ist das Risikoreduzierungspotenzial für sehr große Verluste höher als für kleinere Verluste. Durch Anwendung der Hedgingstrategien kommt es bei einigen Betrieben zu einer Erhöhung des unternehmerischen Risikos. Die Erhöhung ist auf das ökonomische Basisrisiko zurückzuführen. Offen bleibt, welchen Einfluss das *strike level* und die *hedge ratio* auf die HE haben. Hierüber gibt nachfolgend die HE für ex post optimierte *strike level* und *hedge ratio* Aufschluss.

4.2 Ex post optimierte Strategien

Die Ergebnisse der ex post optimierten Strategien verdeutlichen, welche HE unter vollständiger Information über den gesamten Beobachtungszeitraum sowie dementsprechend optimal ausgestaltete Hedgingstrategien maximal möglich gewesen wäre. Zunächst wird das erste Risikomaß (für die Unterschreitung des Mittelwertes) betrachtet. Anschließend werden die Ergebnisse für das zweite Risikomaß (für sehr große Verluste) präsentiert.

4.2.1 Hedgingeffektivität für Unterschreitungen des Mittelwerts

Bei der ex post GDB-optimierten ErtV, d. h. mit bestmöglichen *strike level* und *hedge ratios*, werden die Verluste des Weizenertrags 1:1 entschädigt. Dadurch kann die SSA für eine Unterschreitung des mittleren GDB im Mittel über alle Betriebe maximal um 9 % reduziert werden (Tabelle 6). Für 325 Betriebe wäre eine Reduzierung möglich gewesen, für 52 Betriebe nicht. Bei 75 % der Betriebe war eine Reduzierung von bis zu 15,1 % möglich, im Maximum liegt die Reduzierung bei 53,6 %.

Bei der ex post ertragsoptimierten WIV, d. h. mit bestmöglich auf die Ertragsverluste abgestimmten *strike level* und *hedge ratios* des Niederschlagsindizes, wird die Wirkung auf Ertragsebene und GDB-Ebene dargestellt. Die SSA des Ertrags könnte im Mittel über alle Betriebe um 4,4 (Put) bzw. 0,6 % (Call) reduziert werden. Dementsprechend führt diese Versicherung bei 285 (Put) bzw. 46 (Call) Betrieben zu einer Reduzierung der SSA. Auf GDB-Ebene führt die ertragsoptimierte WIV hingegen im Durchschnitt über alle Betriebe bei der Put-Option zu einer leichten Risikoerhöhung (HE = -0,4 %) und bei der Call-Option zu einer sehr leichten Risikominderung (HE = 0,1 %). Die Risikoerhöhung auf GDB-Ebene ist auf das ökonomische Basisrisiko zurückzuführen.

Schließlich zeigt die ex post GDB-optimierte WIV, dass die maximale Reduzierung der SSA des GDB bei 2,2 % (Put) bzw. 1,9 % (Call) gelegen hätte, wenn das *strike level* und die *hedge ratio* bestmöglich gewählt worden wären. Bei der Put-Option haben 177 Betriebe eine positive HE, bei der Call-Option 72 Betriebe.

Vergleicht man die GDB-optimierte ErtV, d. h. die Benchmark für die Absicherung der Weizenerträge, mit der GDB-optimierten WIV, dann wird deutlich, dass eine auf dem Niederschlag der Phase „Schossen“ basierende Absicherungsstrategie nur einen kleinen Teil der (weizenertragsbedingten) GDB-Rückgänge ausgleichen kann.

Tabelle 6: Reduzierung der Semistandardabweichung für die Unterschreitung des Mittelwerts auf Ertragsebene und auf GDB-Ebene (= HE) für ex post optimierte Hedgingstrategien (in %)

Hedgingstrategie		GDB-optimierte Ertragsversicherung		Ertragsoptimierte Wetterindexversicherung		GDB-optimierte Wetterindexversicherung		
		Wirkungsebene		Ertrag		GDB		
Optionstyp		Put	Put	Call	Put	Call	Put	Call
Alle Betriebe	Mittelwert	9	4,4	0,6	-0,4	0,1	2,2	1,9
	Minimum	0	0	0	-11,4	-5,8	0	0
	25. Perzentil	0,9	0	0	-1,6	0	0	0
	75. Perzentil	15,1	6,7	0	0,1	0	1,7	0
	Maximum	53,6	31,1	33,9	22,1	16,1	42,8	30
> 0 ¹⁾	Mittelwert	10,5	5,8	5,3	3	2,4	4,7	10
	N	325	285	46	98	26	177	72

Anmerkung: 1) Betriebe mit einer Reduzierung > 0 %.

Quelle: Eigene Berechnungen.

4.2.2 Hedgingeffektivität für sehr große Verluste

Mit Blick auf das zweite Risikomaß zeigt sich, dass die Anwendung der ErtV mit bestmöglichen *hedge ratios* und *strike level* zu einer Reduzierung der sehr großen Verluste geführt hätte (Tabelle 7). Bei der optimierten ErtV sinkt die SSA für sehr große Verluste auf GDB-Ebene im Mittel über alle Betriebe um 2.439 €/Betrieb. Das entspricht einer HE von 33 % (= 2.439/7.353). Einerseits wird insofern der Umfang der Unterschreitung der 30 %-Verlustschwelle wesentlich gesenkt. Andererseits wird im Mittel über alle Betriebe 67 % der SSA für sehr große Verluste auf GDB-Ebene durch die GDB-optimierte ErtV nicht erfasst. Bei 277 der 377 Betriebe ist die Reduzierung größer 0, bei den restlichen 100 Betrieben würde

eine Absicherung der Weizenerträge nicht zu einer Reduzierung der SSA für sehr große Verluste auf GDB-Ebene führen.

Die Anwendung einer ertragsoptimierten WIV hat auf die SSA für sehr große Verluste auf Ertragsebene für die Put-Option eine deutlich reduzierende Wirkung mit einer HE in Höhe von 42 % (=4,9/11,8). Die Call-Option hat diesbezüglich eine weniger gute Wirkung mit einer HE in Höhe von 13 % (=1,5/11,8). Auf Ertragsebene ist bei nur 16 Betrieben eine risikoreduzierende Wirkung festzustellen. Gleichzeitig hätten die ertragsoptimierte Put- und Call-Option auf GDB-Ebene eine Erhöhung der SSA für sehr große Verluste zur Folge (d. h. eine negative HE). Insofern wird das Vorhandensein des ökonomischen Basisrisikos bestätigt.

Schließlich zeigt die GDB-optimierte WIV, dass die maximale Reduzierung der SSA für sehr große Verluste mit dem vorliegenden Niederschlagsindex im Mittel über alle Betriebe bei 717 €/Betrieb (Put) bzw. 508 €/Betrieb (Call) gelegen hätte. Dies entspricht einer HE von 9,7 % (=717/7.353) für die Put-Option bzw. 6,9 % (=508/7.353) für die Call-Option.

Tabelle 7: Reduzierung der Semistandardabweichung für sehr große Verluste (> 30 %) auf Ertragsebene (€/ha) und auf GDB-Ebene (= HE, €/Betrieb) für ex post optimierte Hedgingstrategien

Hedgingstrategie	Reduzierung der SSA für sehr große Verluste ($HE_{absolut}^{SGV}$)							SSA für sehr große Verluste ohne Versicherung ($SSA[SGV]^{ohne}$)		
	GDB-optimierte Ertragsversicherung		Ertragsoptimierte Wetterindexversicherung		GDB-optimierte Wetterindexversicherung			Ertrag	GDB	
	GDB	Ertrag	GDB		GDB					
Wirkungsebene	Put	Put	Call	Put	Call	Put	Call	Ertrag	GDB	
Alle Betriebe	Mittelwert	2.439	4,9	1,5	-69	-4	717	508	11,8	7.353
	Minimum	0	0	0	-17.638	-4.590	0	0	0	0
	25. Perzentil	0	0	0	0	0	0	0	0	2.034
	75. Perzentil	2.536	2,9	0	0	0	533	0	18,7	9.758
	Maximum	51.125	59	54,7	5.914	4.776	14.495	11.572	95,5	74.160
> 0 ¹⁾	Mittelwert	3.319	16,6	16,5	1.076	1.285	1.562	2.278	26,7	7.765
	N	277	112	34	48	16	173	84	166	357

Anmerkung: 1) Betriebe mit $HE_{absolut}^{SGV} > 0$ bzw. $SSA [SGV]^{ohne} > 0$.

Quelle: Eigene Berechnungen.

Die ex post optimierten Hedgingstrategien zeigen, dass auf die Minimierung des Ertragsverlustes abgestimmte Hedgingstrategien das unternehmerische Risiko erhöhen können. Sie bestätigen das Vorhandensein des ökonomischen Basisrisikos, welches einen erheblichen Einfluss auf die HE eines Risikomanagementinstruments hat. Insofern wird die Notwendigkeit deutlich, Hedgingstrategien im Hinblick auf die Minimierung des unternehmerischen Risikos auszuwählen und nicht auf den Ausgleich von Ertragsverlusten. Weiterhin ist die Wahl des Risikomaßes relevant für die Analyse der risikoreduzierenden Wirkung der Versicherungen. Im Hinblick auf die Reduzierung der SSA für die Unterschreitung des Mittelwertes des GDB haben die Hedgingstrategien basierend auf der Kulturart Winterweizen eher eine geringe HE, diese konnte durch die Anwendung der bestmöglichen *strike level* und *hedge ratio* geringfügig gesteigert werden. Allerdings zeigt die SSA für sehr große Verluste gleichzeitig ein deutlich höheres Risikoreduzierungspotenzial. Außerdem verdeutlichen die Ergebnisse,

dass unabhängig von der Hedgingstrategie die WIV in der für diese Studie gewählten Ausgestaltung ein geringes Risikoreduzierungspotenzial hat. Für alle Hedgingstrategien gilt, dass das betriebsindividuelle Risikoreduzierungspotenzial sehr unterschiedlich sein kann. Dieselbe Strategie kann für einige Betriebe eine Risikoreduzierung ermöglichen, während bei anderen Betrieben das Risiko steigt. Deshalb wird im nächsten Schritt untersucht, inwieweit der Grad der Spezialisierung auf den Weizenanbau und die betriebsindividuellen Rahmenbedingungen Klima und Bodengüte die HE beeinflussen.

4.3 Einfluss der Standortbedingungen und der Spezialisierung auf den Weizenanbau auf die Hedgingeffektivität

Im Folgenden wird erstens der Einfluss der Spezialisierung auf den Weizenanbau und zweitens der Einfluss des Bodenklimaraums auf die HE der Hedgingstrategien analysiert.

Die Betrachtung der HE in Abhängigkeit von der Spezialisierung auf den Weizenanbau zeigt (Tabelle 8), dass ein höherer Spezialisierungsgrad bei der GDB-optimierten ErtV (Benchmark) im Mittel zu einer höheren HE geführt hätte. Diesbezüglich werden die theoretischen Erwartungen erfüllt. Dennoch ist die mittlere HE für das Drittel der Betriebe mit der stärksten Spezialisierung gegenüber dem Drittel mit der schwächsten Spezialisierung nur geringfügig höher. Insofern zeigen die Ergebnisse, dass auch bei einer hohen Spezialisierung auf den Weizenanbau die HE gering ist und die Versicherung des Weizens nur einen kleinen Teilbeitrag zum landwirtschaftlichen Risikomanagement leisten kann.

Tabelle 8: Reduzierung der Semistandardabweichung für die Unterschreitung des Mittelwerts auf GDB-Ebene (= HE) für die GDB-optimierte Ertragsversicherung differenziert nach der Spezialisierung auf die Weizenproduktion 1)

	% Weizenerlös am Gesamterlös	19,5
	N	125
Unteres Drittel der Betriebe	\emptyset	7,8
	% HE Min	0
	Max	35,3
	% Weizenerlös am Gesamterlös	33,3
	N	126
Mittleres Drittel der Betriebe	\emptyset	8,8
	% HE Min	0
	Max	46
	% Weizenerlös am Gesamterlös	48,2
	N	126
Oberes Drittel der Betriebe	\emptyset	10,6
	% HE Min	0
	Max	53,6

Anmerkung: \emptyset : Mittelwert, 1) Das Sample der Betriebe wird nach dem Anteil des Weizenerlöses am gesamten Umsatzerlös in drei gleichgroße Gruppen geteilt.

Quelle: Eigene Berechnungen.

Häufigkeit und Höhe von Ertragsrückgängen werden neben dem Niederschlag durch eine Reihe weiterer Einflussfaktoren, insbesondere durch andere Klimavariablen und den Boden, bestimmt. Deshalb werden die Ergebnisse anhand von elf homogenen Boden-Klima-Räumen differenziert. In den Ergebnissen (Tabelle 9) dargestellt ist einerseits die GDB-optimierte ErtV, die anzeigt, welche HE im jeweiligen Boden-Klima-Raum auf Basis der Absicherung von Winterweizenerträgen maximal möglich gewesen wäre. Dem gegenüber ist die GDB-optimierte WIV dargestellt, die anzeigt, welches Potenzial die WIV hätte ausschöpfen können.

Die HE der ErtV variiert in Abhängigkeit vom Boden-Klima-Raum, die mittlere HE liegt zwischen 2,7 und 14,3 %. Die deutlichen Unterschiede sind neben einem unterschiedlichen Spezialisierungsgrad auf andere Einflussfaktoren wie Preis- und Kostenschwankungen der einzelnen angebauten Kulturen zurückzuführen. Die Unterschiede der HE bei der GDB-optimierten WIV sind ebenfalls deutlich. Die HE liegt zwischen 0,6 und 5,4 % (Put) und 0,5 und 3,9 % (Call). Neben den genannten Einflussfaktoren hängt die HE der WIV zusätzlich vor allem von unterschiedlichen Boden- und Klimabedingungen ab.

Durch den Vergleich der mittleren HE der GDB-optimierten WIV mit der mittleren HE der GDB-optimierten ErtV (Benchmark) wird deutlich, ob der hier gewählte Niederschlagsindex das Potenzial zur Reduzierung des GDB ausschöpft (siehe Tabelle 9), denn i. d. R. wird die WIV nur ausschöpfen können, was mit einer Ertragsversicherung möglich ist. Diesbezüglich zeigen unsere Ergebnisse, dass die Put-Option der WIV gemessen an der GDB-optimierten ErtV in den Regionen „Übergangslagen“ und „Oberes Rheintal“ zu einer relativ hohen Risikoreduzierung führt. In diesen Regionen liegt das Verhältnis von HE der WIV zur HE der ErtV bei 68 und 70 %. In diesen beiden benachbarten Regionen Süddeutschlands war der ausbleibende Niederschlag der Phase „Schossen“ besonders relevant für die Ertragsbildung. In anderen Regionen, u. a. in den ertragsreichen Ackerbaugebieten „Rheinische u. Hessische Ackerbaugebiet“ und „Hannover, Hildesheim“, schneidet die Call-Option dagegen deutlich besser ab als die Put-Option (siehe Tabelle 9). Neben der absolut höheren HE (3,9 und 3,8 %) ist auch das Verhältnis von der HE der WIV zur HE der ErtV in diesen beiden Regionen relativ hoch (81 und 141 %). Der relative Anteil der HE der WIV an der HE der ErtV in der Region „Hannover, Hildesheim“ von über 100 % kann dadurch erklärt werden, dass der Niederschlag der Phase „Schossen“ offenbar nicht nur mit dem Weizenertrag, sondern auch mit anderen Risikofaktoren wie den Erträgen anderer Kulturen korreliert.

Die Analyse der HE differenziert nach Bodenklimaräumen zeigt, anders als erwartet, in Regionen, die für Dürreprobleme bekannt sind (z. B. Nord, Ost, Brandenburg), eine geringe HE der WIV sowohl mit Blick auf die relative Reduktion der SSA des GDB (2,5 %) als auch im Vergleich mit der HE, die mit der GDB-optimierten ErtV (Benchmark) erreichbar wäre (14,3 %). In Regionen mit guten Ackerböden hingegen hat eine Absicherung von zu viel Niederschlag eine höhere Wirkung als eine Absicherung von zu wenig Niederschlag.

Tabelle 9: Reduzierung der Semistandardabweichung für die Unterschreitung des Mittelwerts auf GDB-Ebene (= HE) für zwei ausgewählte Hedgingstrategien differenziert nach Boden-Klima-Räumen (in %)

Hedgingstrategie	GDB-optimierte ErtV		GDB-optimierte WIV					Spezialisierung		
	GDB		GDB					Anteil Weizenerlös am gesamten Umsatzerlös in %		
Wirkungsebene	Put		Put		Call					
Optionstyp	Put		Put		Call					
Statistik	∅ [Min;Max]	∅ [Min;Max]	∅ [Min;Max]	$\frac{\emptyset \text{ WIV Put}}{\emptyset \text{ ErtV Put}}$	∅ [Min;Max]	$\frac{\emptyset \text{ WIV Call}}{\emptyset \text{ ErtV Put}}$	∅ [Min;Max]	∅ [Min;Max]		
Norddeutsche Küstenregionen	8,6	[0; 42]	3,6	[0; 38,7]	42	1,3	[0; 15,6]	15	47	[25; 74]
Nordosten, MV	13	[0; 53,6]	1,6	[0; 6,2]	13	1,6	[0; 16,8]	13	35	[14; 51]
Leichte Böden Nordwest	4,8	[0; 25,9]	2,2	[0; 26,7]	46	1,5	[0; 26,4]	31	24	[3; 53]
Nordosten, BB	14	[0; 35,3]	2,5	[0; 16,7]	17	0,5	[0; 7,7]	3	31	[2; 71]
Hannover, Hildesheim	2,7	[0; 30,5]	0,6	[0; 11,6]	22	3,8	[0; 17,6]	141	40	[17; 56]
Mitte, Osten	9,2	[0; 39,7]	0,6	[0; 7,4]	7	1,1	[0; 30]	12	39	[12; 55]
Rhein. u. Hess. Ackerbaug. ¹⁾	4,8	[0; 46]	1,7	[0; 42,8]	35	3,9	[0; 27,9]	81	30	[18; 63]
Übergangslagen	8	[0; 47,2]	5,4	[0; 32]	68	1,4	[0; 21,9]	18	31	[14; 60]
Südwestliche Mittelgebirge	3,4	[0; 21,1]	1,2	[0; 7,9]	35	3	[0; 17,4]	88	35	[23; 52]
Oberes Rheintal	5,7	[0; 22]	4	[0; 19,1]	70	1	[0; 22]	18	24	[4; 58]
Donau, Inntal	6,1	[0; 29,9]	2	[0; 13,8]	33	1,3	[0; 26,8]	21	19	[7; 32]

Anmerkung: ErtV: Ertragsversicherung, WIV: Wetterindexversicherung, ∅: Mittelwert, 1) Rheinische und Hessische Ackerbaugebiete.

Quelle: Eigene Berechnungen.

5 Schlussfolgerungen und Ausblick

Infolge des Klimawandels wird erwartet, dass Ertragschwankungen in Zukunft zunehmen. Um dem Anstieg dieser Ertragschwankungen und deren Auswirkungen auf das unternehmerische Risiko der Landwirte zu begegnen, wird in der Literatur der Einsatz von ErtV und WIV diskutiert. Es existieren eine Vielzahl von Studien, die die Wirkung der WIV auf Ertragschwankungen analysieren, aber nur wenige, die die Wirkung von WIV auf das unternehmerische Risiko, d. h. die Schwankung einer aggregierten Erfolgsgröße (z. B. des GDB), untersuchen. Die aggregierte Erfolgsgröße ist die betriebswirtschaftlich entscheidende Kennzahl, um die Wirkung von Risikomanagementinstrumenten zu beurteilen, da aufgrund von Wechselwirkungen zwischen mehreren Risikofaktoren die einseitige Betrachtung eines Risikofaktors zu ineffektivem Risikomanagement führen kann. Großangelegte empirische Studien zu WIV sowie ErtV und deren Wirkung auf das unternehmerische Risiko deutscher Ackerbaubetriebe liegen nach bisherigem Kenntnisstand nicht vor. Das Ziel der vorliegenden Studie ist es, die Wirkung von WIV und ErtV mit Hilfe einer großangelegten empirischen Studie, die 377 über ganz Deutschland verteilte Betriebe in einem Zeitraum von 20 Jahren (1996-2015) umfasst, zu analysieren. Die ErtV dient in der vorliegenden Studie als Benchmark, in der unterstellt wird, dass Ertragsrückgänge exakt durch Versicherungszahlungen ausgeglichen werden können. Dies illustriert, welches Risikoreduzierungspotenzial mit einem bestmöglich an den Ertrag angepassten Wetterindex möglich gewesen wäre. Die Hedgingstrategien basieren exemplarisch auf der Kulturart Winterweizen. Mit Hilfe einer ex post Optimierung wird gezeigt, welche Risikoreduzierung unter Kenntnis der vollständigen Zeitreihen und bestmöglicher *strike level* und *hedge ratio* maximal möglich gewesen wäre. Der

Heterogenität der Betriebe wird durch die Differenzierung der Ergebnisse nach Bodenklimaräumen und Spezialisierung im Weizenanbau Rechnung getragen.

Insgesamt werden vier Hedgingstrategien analysiert. Davon basieren zwei auf der ErtV und zwei auf der WIV. Für die ErtV wird eine pragmatisch am langjährigen Durchschnittsertrag orientierte und eine GDB-optimierte Strategie untersucht. Für die WIV wird eine ertrags- und eine GDB-optimierte Strategie untersucht. Als Risikomaße dienen erstens die SSA für die Unterschreitung des langjährigen Mittelwertes (alle „Verluste“ werden erfasst) und zweitens die SSA für sehr große Verluste (> 30 % Unterschreitung des Mittelwertes).

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen, dass erstens eine Ausrichtung der Hedgingstrategie auf den Ausgleich von Ertragschwankungen für viele Betriebe kaum zu einer Reduzierung des unternehmerischen Risikos führt und einzelbetrieblich sogar risikoe erhöhend wirken kann. Dieser Umstand ist auf das ökonomische Basisrisiko zurückzuführen. Dies bedeutet, dass neben den (Weizen-)Erträgen andere Risikofaktoren wie z. B. die Preise, die Kosten und die Erträge anderer Kulturen ebenfalls schwanken und somit das unternehmerische Risiko mitbestimmen. Das ökonomische Basisrisiko ist für die beiden verwendeten Risikomaße zu beobachten.

Zweitens kann eine alleinige Absicherung des Weizenertes, selbst bei einer vergleichsweise hohen Spezialisierung auf den Weizenanbau und unter bestmöglichen Hedgingdesigns (GDB-optimierte ErtV), im Hinblick auf die Unterschreitung des mittleren langjährigen GDB nur einen kleinen Beitrag zum Risikomanagement leisten. Dies gilt insbesondere für das erste Risikomaß, der SSA für Unterschreitungen des Mittelwertes. Gegenüber der niedrigen Wirkung auf die SSA für Unterschreitungen des Mittelwertes besteht für das zweite Risikomaß, der SSA für sehr große Verluste, ein substantiell größeres Risikoreduzierungspotenzial. Das erste Risikomaß, d. h. die SSA für die Unterschreitung des Mittelwertes, kann diese Information über sehr große Verluste nicht vermitteln. Angesichts der hohen betriebswirtschaftlichen Relevanz sehr großer Verluste in der landwirtschaftlichen Praxis ist es sinnvoll, bei der Analyse und Bewertung von Versicherungslösungen ein Risikomaß für sehr große Verluste zu betrachten.

Drittens variiert die gesamtbetriebliche HE zwischen den Einzelbetrieben. Die Höhe der HE wird durch die Spezialisierung auf den Weizenanbau und den Boden-Klima-Raum mitbestimmt, allerdings sind die Einflüsse nicht von substantieller Höhe. Die Höhe der HE kann nicht eindeutig durch den Spezialisierungsgrad oder den Boden-Klima-Raum erklärt werden. Die Wirkung der Versicherungen ist unternehmensspezifisch, d. h. über deren Einsatz sollte im Einzelfall entschieden werden.

Viertens leistet ein Wetterindex basierend auf dem Niederschlag in der phänologischen Phase „Schossen“ nur einen geringen Beitrag zur Risikoreduzierung, auch in niederschlagsarmen Regionen wie Brandenburg. Hier besteht Verbesserungspotenzial für den Index. Beispielsweise könnten zusätzlich die Bodenfeuchte oder andere phänologische Phasen in die Berechnung des Index einfließen. Darüber hinaus zeigen die Untersuchungsergebnisse, dass in ertragsreichen Ackerbauregionen eine Absicherung von zu viel Niederschlag ein größeres Risikoreduzierungspotenzial hat als eine Absicherung von zu wenig Niederschlag.

Die ex post optimierten Strategien beschreiben, welches Risikoreduzierungspotenzial maximal unter vollständiger Information möglich gewesen wäre. Die tatsächlich erreichbare HE ist niedriger. Zudem sind die Ergebnisse aufgrund der begrenzten Zeitreihe nur eingeschränkt extrapolierbar, allerdings ist anzunehmen, dass sich die qualitativen Ergebnisse angesichts der „großen“ Querschnittsanalyse (377 Ackerbaubetriebe) nicht ändern. Außerdem konzentriert sich die vorliegende Studie auf die Kulturart Weizen. Eine Betrachtung mehrerer Kulturen würde die HE erhöhen. Schließlich beruhen die quantitativen Ergebnisse dieser Studie auf der Verwendung der SSA, hergeleitet aus der negativen Abweichung vom langjährigen Trend, als Risikomaß. Weiterer Forschungsbedarf besteht zur HE von WIV, die das gesamte Anbauportfolio eines Betriebes absichern und nicht auf eine Klimavariablen beschränkt sind.

Zusammenfassung

Risikoreduzierung durch Ertrags- und Wetterindexversicherungen auf deutschen Ackerbaubetrieben unter besonderer Berücksichtigung von Extremereignissen

Infolge des Klimawandels wird erwartet, dass Ertragsschwankungen beim Anbau landwirtschaftlicher Kulturarten in Zukunft zunehmen werden. Angesichts dessen wird der Einsatz von Ertragsversicherungen (ErtV) und Wetterindexversicherungen (WIV) diskutiert. Allerdings ist aus unternehmerischer Sicht nicht die alleinige Stabilisierung des Ertrags, sondern die Stabilisierung einer Erfolgsgröße des gesamten Unternehmens, z. B. des Gesamtdeckungsbeitrags (GDB), entscheidend. Ziel der vorliegenden Studie ist es deshalb, die Wirkung von ErtV und WIV auf der Ebene des Gesamtunternehmens darzustellen. Dazu wird in einer deutschlandweiten empirischen Studie bei 377 haupterwerblichen Ackerbaubetrieben die Hedgingeffektivität, d. h. die risikoreduzierende Wirkung einer Absicherung gegen Ertragsverluste, von ErtV und WIV bei Winterweizen untersucht. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass eine Ausrichtung der Versicherung auf den Ausgleich von Ertragsschwankungen für viele Betriebe nur zu einer geringen Reduzierung des unternehmerischen Risikos führt und einzelbetrieblich sogar risikoerhöhend wirken kann. Eine alleinige Absicherung des Weizenertrages leistet, selbst bei einem vergleichsweise hohen Anteil des Weizenanbaus im Betrieb und unter bestmöglicher Anpassung der Versicherungsbedingungen an die betriebsindividuellen Ertragsschwankungen, nur einen kleinen Beitrag zum gesamtbetrieblichen Risikomanagement. Weiterhin zeigen die Ergebnisse, dass das Potenzial zur Verringerung der Risiken bei sehr großen Ertragsverlusten deutlich höher ist als bei geringeren Verlusten. Die Hedgingeffektivität einer WIV zur Absicherung von Trockenschäden basierend auf der Niederschlagsmenge in der phänologischen Phase „Schossen“ ist selbst in niederschlagsarmen Regionen wie Brandenburg gering. In einzelnen Regionen zeigt die Absicherung eines Niederschlagsüberschusses statt eines Niederschlagsmangels die größere risikoreduzierende Wirkung.

Summary

Risk reduction with yield and weather index insurances on German arable farms with a particular focus on extreme events

As a result of climate change, fluctuations in yields of crops are expected to increase in the future. In view of this, the use of yield insurance (ErtV) and weather index insurance (WIV) is being discussed. From an entrepreneurial point of view, however, it is not only the stabilisation of yields that is relevant, but also the stabilisation of an overall performance indicator for the entire company, e.g. the total gross margin (GDB). The aim of the present study is therefore to present the effect of ErtV and WIV at the level of the whole farm. In a Germany-wide empirical study of 377 full-time arable farms, the hedging effectivity, i.e. the risk-reducing effect, of ErtV and WIV is investigated. The results show that for many farms an orientation of the hedging strategy towards the balancing of yield fluctuations leads to a slight reduction of the whole-farm risk and can even increase the risk for individual farms. Even with a comparatively high degree of specialisation in wheat cultivation and the best possible adjustments of the insurance contract to farm-specific yield variations, hedging the wheat yield alone only makes a small contribution to overall risk management. At the same time, the results show that the risk reduction potential for very large losses is significantly higher than for smaller losses. The hedging effectiveness of a WIV based on the precipitation in the phenological phase "shooting" is low even in low rainfall regions like Brandenburg. In some regions the hedging of a precipitation surplus instead of a precipitation shortage has a greater risk reducing effect.

Literatur

- ADEYINKA, A. A., C. KRISHNAMURTI, T. N. MARASENI und S. CHANTARAT (2016): The viability of weather-index insurance in managing drought risk in rural Australia. In: *International Journal of Rural Management* 12 (2): 125–142.
- BARNETT, B. (2014): Multiple-peril crop insurance: successes and challenges. In: *Agricultural Finance Review* 74 (2): 200–216.
- BERG, E. (2002): Das System der Ernte- und Einkommensversicherungen in den USA - Ein Modell für Europa? In: *Berichte über Landwirtschaft* 80 (1): 94–133.
- BERG, E. und B. SCHMITZ (2008): Weather-based instruments in the context of whole-farm risk management. In: *Agricultural Finance Review* 68 (1): 119–133.
- BINSWANGER-MKHIZE, H. P. (2012): Is There Too Much Hype about Index-based Agricultural Insurance? In: *Journal of Development Studies* 48 (2): 187–200.
- BMEL (2019): Statistik und Berichte des BMEL. Testbetriebsnetz. In: <https://www.bmel-statistik.de/landwirtschaft/testbetriebsnetz/>. Abruf: 6.3.2019.
- BREUSTEDT, G. (2004): Effiziente Reduktion des Produktionsrisikos im Ackerbau durch Ertragsversicherungen. Dissertation, Universität Kiel.

- BRÜCKNER, A., J. DOMS und N. HIRSCHAUER (2018): Wetterrisiko managen. In: Agrarheute (Mai 2018): 60–63.
- BUCHHOLZ, M. und O. MUßHOFF (2014): The role of weather derivatives and portfolio effects in agricultural water management. In: Agricultural Water Management 146: 34–44.
- BWAGRAR (2018): Mitgliederversammlung und 25-Jähriges Jubiläum. Vereinigte Hagel: Vom Hagel zum Ernteversicherer. In: https://www.bwagrar.de/artikel.dll/PL_51644_5778434. Abruf: 6.3.2019.
- CHMIELEWSKI, F.-M., A. MÜLLER und E. BRUNS (2004): Climate changes and trends in phenology of fruit trees and field crops in Germany, 1961–2000. In: Agricultural and Forest Meteorology 121 (1-2): 69–78.
- COBLE, K. H., HEIFNER, RICHARD G. und M. ZUNIGA (2000): Implications of crop yield and revenue insurance for producer hedging. In: Journal of Agricultural and Resource Economics 25 (2): 432–452.
- COBLE, K. H., T. O. KNIGHT, R. D. POPE und J. R. WILLIAMS (1997): An expected-indemnity approach to the measurement of moral hazard in crop insurance. In: American Journal of Agricultural Economics 79 (1): 216–226.
- COLLIER, B., J. R. SKEES und B. J. BARNETT (2009): Weather index insurance and climate change: Opportunities and challenges in lower income countries. In: The Geneva Papers 34 (1): 401–424.
- CONRADT, S., R. FINGER und M. SPÖRRI (2015): Flexible weather index-based insurance design. In: Climate Risk Management 10: 106–117.
- DALHAUS, T. und R. FINGER (2016): Can gridded precipitation data and phenological observations reduce basis risk of weather index-based insurance? In: Weather, Climate, and Society 8 (4): 409–419.
- DEBRAH, S. und H. HALL (1989): Data aggregation and farm risk analysis. In: Agricultural Systems 31 (3): 239–245.
- DEUTSCHER WETTERDIENST (2018a): Phänologische Daten - Deutschland. In: ftp://ftp-cdc.dwd.de/pub/CDC/observations_germany. Abruf: 17.8.2018.
- DEUTSCHER WETTERDIENST (2018b): REGNIE: Regionalisierte Niederschläge - Verfahrensbeschreibung und Nutzeranleitung. In: https://www.dwd.de/DE/leistungen/regnie/download/regnie_beschreibung_pdf.pdf?blob=publicationFile&v=3. Abruf: 16.8.2018.
- DEUTSCHER WETTERDIENST (2018c): Tägliche Niederschlagsrasterdaten (Regnie) - Deutschland. In: ftp://ftp-cdc.dwd.de/pub/CDC/grids_germany/daily/regnie. Abruf: 16.8.2018.
- DOMS, J., N. HIRSCHAUER, M. MARZ und F. BOETTCHER (2018): Is the hedging efficiency of weather index insurance overrated? A farm-level analysis in regions with moderate natural conditions in Germany. In: Agricultural Finance Review 78 (3): 290–311.
- EDERINGTON, L. H. (1979): The hedging performance of the new futures markets. In: The Journal of Finance 34 (1): 157–170.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (2008): Verordnung (EG) Nr. 1242/2008.

- EUROPÄISCHE KOMMISSION (2013): EC No 1305/2013.
- FINGER, R., T. DALHAUS, J. ALLENDORF und S. HIRSCH (2018): Determinants of downside risk exposure of dairy farms. In: *European Review of Agricultural Economics* 45 (4): 641–674.
- FOCK, T., C. FUCHS, J. KARSTEN, M. MAHLAU und T. SEYFFERTH (2008): Risikostrategien für den Marktfruchtbau in Nordost-Deutschland. In: *Rentenbank Schriftenreihe* 23: 53–90.
- GERSTMANN, H., D. DOKTOR, C. GLÄBER und M. MÖLLER (2016): Phase: A geostatistical model for the kriging-based spatial prediction of crop phenology using public phenological and climatological observations. In: *Computers and Electronics in Agriculture* 127: 726–738.
- GOLDEN, L. L., M. WANG und C. YANG (2007): Handling weather related risks through the financial markets: Considerations of credit risk, basis risk, and hedging. In: *The Journal of Risk and Insurance* 74 (2): 319–346.
- GÖMANN, H., A. BENDER, A. BOLTE, W. DIRKSMEYER, H. ENGLERT, J.-H. FEIL, C. FRÜHAUF, M. HAUSCHILD, S. KRENGEL, H. LILIENTHAL, F.-J. LÖPMEIER, J. MÜLLER, O. MUßHOFF, M. NATKHIN, F. OFFERMANN, P. SEIDEL, M. SCHMIDT, B. SEINTSCH, J. STEIDL, K. STROHM und Y. ZIMMER (2015): Agrarrelevante Extremwetterlagen und Möglichkeiten von Risikomanagementsystemen. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). Thünen Report, Heft 30. Thünen-Institut, Braunschweig.
- GOODWIN, B. K. und A. P. KER (1998): Nonparametric estimation of crop yield distributions: implications for rating group-risk crop insurance contracts. In: *American Journal of Agricultural Economics* 80: 139–153.
- GRILLAKIS, M. G. (2019): Increase in severe and extreme soil moisture droughts for Europe under climate change. In: *The Science of the total environment* 660: 1245–1255.
- HIRSCHAUER, N. und O. MUßHOFF (2008a): Risk management and farmers' willingness-to-pay for "ineffective" index-based insurances. In: Berg, E. et al. (Hrsg.): *Income stabilization in a changing agricultural world: policy and tools*. Proceedings of the 108. EAAE Seminar, Warschau: 258–272.
- HIRSCHAUER, N. und O. MUßHOFF (2008b): Zu welchem Preis können Versicherer „ineffektive“ Risikomanagementinstrumente anbieten? Zur Analyse der Effizienz von Wetterderivaten. In: *German Risk and Insurance Review* 4 (1): 1–27.
- INTERNATIONAL FUND FOR AGRICULTURAL DEVELOPMENT (2011): Weather index-based insurance in agricultural development - A technical guide. In: <https://www.ifad.org/documents/10180/2a2cf0b9-3ff9-4875-90ab-3f37c2218a90>. Abruf: 2.7.2018.
- JEWSON, S. und A. BRIX (2005): *Weather derivative valuation. The meteorological, statistical, financial and mathematical foundations*. Cambridge Univ. Press, Cambridge u.a.
- KASPAR, F., K. ZIMMERMANN und C. POLTE-RUDOLF (2014): An overview of the phenological observation network and the phenological database of Germany's national meteorological service (Deutscher Wetterdienst). In: *Advances in Science and Research* 11: 93–99.
- KELLER, J. K. (2010): *Ernteversicherungen als Risikomanagementinstrument*. Dissertation, Universität Giessen.

- KELLNER, U. und O. MUßHOFF (2011): Precipitation or water capacity indices? An analysis of the benefits of alternative underlyings for index insurance. In: *Agricultural Systems* 104 (8): 645–653.
- LIEBE, U., S. C. MAART, O. MUßHOFF und P. STUBBE (2012): Risikomanagement in landwirtschaftlichen Betrieben: Eine Analyse der Akzeptanz von Wetterversicherungen mit Hilfe von Discrete-Choice-Experimenten. In: *German Journal of Agricultural Economics* 61 (2): 63–79.
- LIEN, G., J. B. HARDAKER, VAN ASSELDONK, MARCEL A. P. M. und J. W. RICHARDSON (2009): Risk programming and sparse data: How to get more reliable results. In: *Agricultural Systems* 101 (1-2): 42–48.
- LÜTKE ENTRUP, N. und B. C. SCHÄFER (2011): Lehrbuch des Pflanzenbaus. Band 2: Kulturpflanzen. Agroconcept, Bonn.
- MAHUL, O. (2003): Hedging price risk in the presence of crop yield and revenue insurance. In: *European Review of Agricultural Economics* 30 (2): 217–239.
- MIRANDA, M. J. (1991): Area-yield crop insurance reconsidered. In: *American Journal of Agricultural Economics* 73 (2): 233–242.
- MÖLLER, M., J. DOMS, H. GERSTMANN und T. FEIKE (2018): A framework for standardized calculation of weather indices in Germany. In: *Theoretical and Applied Climatology*: <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2473-x>.
- MÖLLER, M., H. GERSTMANN, F. GAO, T. C. DAHMS und M. FÖRSTER (2017): Coupling of phenological information and simulated vegetation index time series: Limitations and potentials for the assessment and monitoring of soil erosion risk. In: *CATENA* 150: 192–205.
- MUßHOFF, O. und N. HIRSCHAUER (2016): *Modernes Agrarmanagement: Betriebswirtschaftliche Analyse- und Planungsverfahren*. Vahlen, München.
- PELKA, N., O. MUSSHOF und R. FINGER (2014): Hedging effectiveness of weather index-based insurance in China. In: *China Agricultural Economic Review* 6 (2): 212–228.
- RAUTHE, M., H. STEINER, U. RIEDIGER, A. MAZURKIEWICZ und A. GRATZKI (2013): A central European precipitation climatology – Part I: Generation and validation of a high-resolution gridded daily data set (HYRAS). In: *Meteorologische Zeitschrift* 22 (3): 235–256.
- RICHARDS, T. J., M. R. MANFREDO und D. R. SANDERS (2004): Pricing weather derivatives. In: *American Journal of Agricultural Economics* 86 (4): 1005–1017.
- ROßBERG, D., V. MICHEL, R. GRAF und R. NEUKAMPF (2007): Definition von Boden-Klima-Räumen für die Bundesrepublik Deutschland. In: *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* 59 (7): 155–161.
- SKEES, J. R., J. R. BLACK und B. J. BARNETT (1997): Designing and rating an area yield crop insurance contract. In: *American Journal of Agricultural Economics* 79 (2): 430–438.
- SMITH, V. H. und A. E. BAQUET (1996): The demand for multiple peril crop insurance: evidence from Montana wheat farms. In: *Agricultural Water Management* 78 (1): 189–201.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2017): *Betriebswirtschaftliche Ausrichtung und Standoutput - Agrarstrukturerhebung - Fachserie 3 Reihe 2.1.4 - 2016*.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2019): *Agrarstrukturerhebung / Landwirtschaftszählung*. In: <https://www.regionalstatistik.de/genesis/online/>.

- SUN, B., C. GUO und G. C. VAN KOOTEN (2014): Hedging weather risk for corn production in Northeastern China. In: *Agricultural Finance Review* 74 (4): 555–572.
- TURVEY, C. G. (2005): The pricing of degree-day weather options. In: *Agricultural Finance Review* 65 (1): 59–85.
- URBAN, J. (2019): Eignung von Wetterindexversicherungen zur Risikoreduzierung in Ackerbaubetrieben – eine Analyse in Regionen Deutschlands mit moderaten Standortbedingungen. Dissertation. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle.
<http://dx.doi.org/10.25673/13886>.
- VEDENOV, D. V. und B. J. BARNETT (2004): Efficiency of weather derivatives as primary crop insurance instruments. In: *Journal of Agricultural and Resource Economics* 29 (3): 387–403.
- VON LEDEBUR, E.-O. und J. SCHMITZ (2011): Preisvolatilität auf landwirtschaftlichen Märkten. Arbeitsberichte aus der vTI-Agrarökonomie No. 5, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.
- WTO (1994): Uruguay Round Agreement. Agreement on Agriculture. Annex 2. In:
https://www.wto.org/english/docs_e/legal_e/14-ag.pdf. Abruf: 20.03.19.
- XU, W., M. ODENING und O. MUßHOFF (2008): Indifference pricing of weather derivatives. In: *American Journal of Agricultural Economics* 90 (4): 979–993.

Anschrift der Autoren

Christoph Duden
Thünen-Institut für Betriebswirtschaft
Bundesallee 63
38116 Braunschweig
E-Mail: christoph.duden@thuenen.de

Dr. Juliane Urban
Arbeitsbereich Beratung, Förderung und Strukturentwicklung (IWO 4)
Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau
An der Steige 15
97209 Veitshöchheim
E-Mail: juliane.urban@lwg.bayern.de

Dr. Frank Offermann
Thünen-Institut für Betriebswirtschaft
Bundesallee 63
38116 Braunschweig
E-Mail: frank.offermann@thuenen.de

Prof. Dr. Norbert Hirschauer
Institut für Agrar-und Ernährungswissenschaften
Lehrstuhl Unternehmensführung im Agribusiness
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Karl-Freiherr-von-Fritsch-Str. 4
06120 Halle (Saale)
E-Mail: norbert.hirschauer@landw.uni-halle.de

Dr. Markus Möller
Julius Kühn-Institut
Stahnsdorfer Damm 81
14532 Kleinmachnow
E-Mail: markus.moeller@julius-kuehn.de

Danksagung

Die Autoren danken dem DWD für die Zurverfügungstellung der Rasterniederschlagsdaten (REGNIE-Daten).

Anhang

Anhang 1:	Berechnung des gesamtbetrieblichen Verkaufserlöses* aus Testbetriebsnetzdaten	34
Anhang 2:	Berechnung des gesamtbetrieblichen Materialaufwandes* aus Testbetriebsnetzdaten	35
Anhang 3:	Raster für die numerische Optimierung der Hedgingstrategien	36
Anhang 4:	Tabelle Stichprobenbeschreibung nach Bodenklimaräumen differenziert	37

Anhang 1: Berechnung des gesamtbetrieblichen Verkaufserlöses* aus Testbetriebsnetzdaten

Kostenstelle	BMEL-Code	Spalte des BMEL-Code
+ Landwirtschaftliche Pflanzenproduktion	2099	05
+ Tierproduktion	2199	05
+ Obstbau	2209	05
+ Gartenbau	2269	05
+ Weinbau und Kellerei	2299	05
+ Forstwirtschaft und Jagd	2309	05
+ Kleine Hochsee- u. Küstenfischerei	2312	05
+ Handel, Dienstleistungen und Nebenbetriebe	2337	05
+ Erlösschmälerungen (Skonti, Boni, Rabatte)	2338	05
= Gesamter Verkaufserlös ("Umsatzerlös")	2339	05

*"Als Umsatzerlöse sind die Erlöse aus dem Verkauf und der Vermietung oder Verpachtung geschäftstypischer Erzeugnisse und Waren sowie Dienstleistungen nach Abzug von Erlösschmälerungen auszuweisen (§ 277 Abs. 1 HGB)" (zitiert aus BMEL 2017)

Anhang 2: Berechnung des gesamtbetrieblichen Materialaufwandes* aus Testbetriebsnetzdaten

Kostenstelle	BMEL-Code	Spalte des BMEL-Code
+ Pflanzenproduktion, darunter	2599	05
+ Saatgut- und Pflanzenschutz	2509	05
+ Düngemittel	2539	05
+ Pflanzenschutz	2559	05
+ Kulturgefäße und Substrate	2570	05
+ Folien und Flies	2591	05
+ Sonstiges Material für die Pflanzenproduktion	2597	05
+ Bezogene Leistungen für die Pflanzenproduktion	2598	05
+ Tierproduktion	2729	05
+ Kellerei	2739	05
+ Forst und Jagd	2749	05
+ Handel, Dienstleistungen und Nebenbetriebe	2769	05
+ Sonstiger Materialaufwand, darunter:	2785	05
+ Energie, (Ab-)Wasser, Kraftstoffe, Schierstoffe	2770-2774	05
+ Verpackungsmaterial	2780	05
+ Anderer Materialaufwand	2781	05
+ Lohnarbeit und Maschinenmiete	2782	05
+ Lade- und Löschkosten	2783	05
+ Andere bezogene Leistungen	2784	05
+ Erhaltene Nachlässe	2786	05
+ Bestandsänderung Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe	2787	05
+ Bestandsänderung Waren	2788	05
= Gesamter Materialaufwand	2789	05

* "Als Materialaufwand sind die Aufwendungen für Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe, bezogene Waren und bezogene Leistungen auszuweisen. Sachlich sind dies die Aufwendungen, die direkt oder indirekt in den Produktionsprozess (Erzeugung von Pflanzen oder Tieren) oder den Handelsbestand einfließen." (zitiert aus BMEL 2017)

Anhang 3: Raster für die numerische Optimierung der Hedgingstrategien

Für die ErtV wird das *strike level* (K), hier der Normerlös für Winterweizen, anhand eines Rasters in Gleichung (6) gesucht. Nur Werte, die in der (Lösungs-)Menge K genannt sind (z. B. 700 €/ha und 800 €/ha, aber nicht 750 €/ha), werden verwendet, um ein optimales Hedgingdesign zu finden.

$$K = \begin{cases} \{0; 1; 2; \dots; 50\}, & \text{wenn } K \leq 50 \\ \{60; 70; 80; \dots; 500\}, & \text{wenn } K \leq 500 \\ \{600; 700; 800; \dots; 5000\}, & \text{wenn } K \leq 5,000 \end{cases} \quad (6)$$

Für die WIV wird das *strike level* (K), hier der Niederschlag, anhand eines Rasters in Gleichung (7) gesucht. Nur Werte, die in der (Lösungs-)Menge K genannt sind (z. B. 2,5 mm/m² und 5 mm/m², aber nicht 4 mm/m²), werden verwendet, um ein optimales Hedgingdesign zu finden.

$$K = \{0; 2.5; 5; \dots; 250\} \quad (7)$$

Für die ErtV und WIV wird die Anzahl der Kontrakte je Betrieb (A) anhand eines Rasters in Gleichung (8) gesucht. Nur Werte, die in der (Lösungs-)Menge A genannt sind (z. B. 60 Kontrakte und 70 Kontrakte, aber nicht 65 Kontrakte), werden verwendet, um ein optimales Hedgingdesign zu finden.

$$A = \begin{cases} \{0; 1; 2; \dots; 50\}, & \text{wenn } A \leq 50 \\ \{60; 70; 80; \dots; 500\}, & \text{wenn } A \leq 500 \\ \{600; 700; 800; \dots; 5,000\}, & \text{wenn } A \leq 5,000 \\ \{6,000; 7,000; 8,000; \dots; 50,000\}, & \text{wenn } A \leq 50,000 \\ \{60,000; 70,000; 80,000; \dots; 500,000\}, & \text{wenn } A \leq 500,000 \end{cases} \quad (8)$$

Anhang 4: Tabelle Stichprobenbeschreibung nach Bodenklimaräumen differenziert

Bodenklimaraum	Mittelwert	Min	P25	P75	Max
Alle		24.70	73.40	219.20	1494.50
	38.90	4.60	31.10	47.50	71.20
	105281.30	5515.80	52136.40	126646.30	674212.20
	700.10	99.70	408.10	855.80	3685.40
Norddeutsche Küstenregionen (N=37)	212.60	43.80	93.70	233.60	1187.60
	45.70	31.10	37.60	50.10	71.20
	116142.10	21134.00	45326.90	148077.90	674212.20
	567.50	291.00	406.50	658.00	1173.90
Nordosten MV (N=17)	356.30	131.60	188.70	466.80	690.30
	33.90	13.00	32.40	38.30	46.80
	162247.80	20508.60	93859.40	220696.00	385277.00
	435.50	126.10	364.90	546.20	627.40
Leichte Böden Nordwest (N=23)	150.20	55.60	89.10	194.80	340.60
	31.00	9.50	19.10	42.40	50.80
	135652.80	21894.80	56019.00	203390.30	511000.90
	835.00	272.80	592.60	955.30	2589.10
Nordosten BB (N=32)	365.10	63.90	173.30	461.40	1494.50
	31.20	4.60	17.50	42.80	69.60
	133310.90	5515.80	61277.70	181822.50	531031.30
	343.90	99.70	286.60	370.10	716.40
Hannover-Hildesheim (N=48)	91.80	35.40	63.90	115.40	214.30
	52.60	19.20	48.80	59.70	65.50
	83751.40	23532.40	57833.30	96683.30	219203.50
	929.40	189.90	798.80	1092.60	1379.50
Mitte-Osten (N=69)	277.80	34.20	185.60	369.60	721.70
	40.50	11.70	33.70	48.70	59.40
	155650.50	11368.80	75387.60	198765.40	464973.30
	531.90	208.10	413.70	644.10	839.50
Rheinische, Hessische Ackerbaugebiete (N=44)	90.00	28.00	59.60	118.40	216.70
	38.50	23.80	33.80	41.70	61.30
	72664.20	8566.60	42074.90	89219.70	205974.40
	796.50	211.80	558.20	944.60	1760.30
Übergangslagen (N=37)	118.40	43.70	67.00	143.30	350.70
	34.40	16.70	26.60	40.30	62.50
	63466.10	13033.80	42321.90	81849.70	144768.70
	621.20	183.20	373.40	741.50	1865.10
Südwestliche Mittelgebirge (N=14)	154.90	39.90	66.30	204.40	358.80
	35.60	17.70	27.00	46.40	50.80
	65904.30	12917.10	33388.30	106376.00	127429.80
	462.80	204.70	317.60	588.00	1120.80
Oberes Rheintal (N=33)	80.20	24.70	58.50	93.30	198.90
	33.30	7.10	28.50	39.60	53.60
	58997.20	14495.30	33344.70	83417.60	139805.60
	862.90	169.20	415.10	1052.80	3685.40
Donau, Intal (N=23)	75.60	27.00	43.80	94.30	256.50
	34.40	22.60	28.70	40.60	47.00
	90200.70	12012.70	53465.60	112851.90	249720.10
	1348.60	447.30	744.40	1705.70	3057.30