

DIE WIRKUNG VON ERTRAGS- UND
WETTERINDEXVERSICHERUNGEN AUF DAS
ERFOLGSRISIKO DEUTSCHER ACKERBAUBETRIEBE –
WIRD DIE HEDGINGEFFEKTIVITÄT ÜBERSCHÄTZT?

Christoph Duden¹, Juliane Urban², Frank Offermann¹ und Norbert
Hirschauer³

christoph.duden@thuenen.de

1: Thünen-Institut für Betriebswirtschaft, Bundesallee 63, 38116
Braunschweig

2: Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, An der Steige 15,
97209 Veitshöchheim

3: Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Martin-Luther-
Universität Halle-Wittenberg, Karl-Freiherr-von-Fritsch-Str. 4, 06120 Halle
(Saale)



2019

Vortrag anlässlich der 59. Jahrestagung der GEWISOLA
(Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V.)

„Landwirtschaft und ländliche Räume im gesellschaftlichen Wandel“
Braunschweig, 25. bis 27. September 2019

DIE WIRKUNG VON ERTRAGS- UND WETTERINDEXVERSICHERUNGEN AUF DAS ERFOLGSRISIKO DEUTSCHER ACKERBAUBETRIEBE – WIRD DIE HEDGINGEFFEKTIVITÄT ÜBERSCHÄTZT?

CHRISTOPH DUDEN¹, JULIANE URBAN², FRANK OFFERMANN¹, NORBERT HIRSCHAUER³

Zusammenfassung

Infolge des Klimawandels wird erwartet, dass Ertragsschwankungen in Zukunft zunehmen. Angesichts dessen wird der Einsatz von Ertrags- (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) relevant. 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 risikoreduzierende Wirkung von ErtV und WIV untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Ausrichtung der Hedgingstrategie auf den Ausgleich von Ertragsschwankungen für viele Betriebe zu einer geringen Reduzierung des unternehmerischen Risikos führt und einzelbetrieblich sogar risikoerhöhend wirken kann. Eine alleinige Absicherung des Weizenantrages leistet, selbst bei einer vergleichsweise hohen Spezialisierung auf den Weizenanbau und unter bestmöglichem Hedgingdesign, nur einen kleinen Beitrag zum gesamtbetrieblichen Risikomanagement. Die Hedgingeffektivität einer WIV basierend auf dem Niederschlag 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.

Keywords

Wetterindexversicherung, Ertragsversicherung, historische Simulation, Erfolgsrisiko.

1 Einleitung

Unsichere Preis- und Mengengerüste führen seit jeher zum Schwanken des Unternehmenserfolgs in der Landwirtschaft. Nach gegenwärtigem Wissensstand haben im Ackerbau zwei Faktoren das Unternehmensrisiko in den letzten Jahrzehnten maßgeblich erhöht: der Abbau von Preisstabilisierungsmechanismen (VON LEDEBUR und SCHMITZ, 2011) sowie das vermehrte Auftreten von Extremwetterlagen und -ereignissen infolge des Klimawandels (GRILLAKIS, 2019). Ein Schwerpunkt zur Vermeidung witterungsbedingter Ertragsverluste sind Schadensversicherungen für konkrete Schadereignisse wie z. B. Hagel. In den letzten Jahren haben sich zunehmend Mehrgefahrenversicherungen (z. B. gegen Hagel, Sturm, Frost, Starkregen etc.) am Markt etabliert⁴. Je mehr Risiken durch eine Versicherung

¹ Thünen-Institut für Betriebswirtschaft, Bundesallee 63, 38116 Braunschweig, christoph.duden@thuenen.de

² Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, An der Steige 15, 97209 Veitshöchheim.

³ Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Lehrstuhl Unternehmensführung im Agribusiness, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Karl-Freiherr-von-Fritsch-Str. 4, 06120 Halle (Saale).

⁴ Die Vereinigte Hagel rechnet für das Jahr 2018 damit, dass rund eine Millionen ha gegen Mehrgefahren versichert sind (BWAGRAR, 2018).

abgedeckt – oder nicht ausgeschlossen – werden, desto mehr ähnelt⁵ sie einer allgemeinen **Ertragsversicherung** (ErtV). Mit ErtV können Landwirte – ganz unabhängig von einem konkreten Schadereignis – 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. Nachteil von Schadensversicherungen ist, dass Versicherungsnehmer die Schadenshöhe beeinflussen können (*moral hazard*).

In Deutschland werden inzwischen mit Wetterindexversicherungen (WIV) auch andere neuartige Versicherungsprodukte angeboten (BRÜCKNER et al., 2018). Bei WIV erfolgt die „Versicherungsleistung“ nicht bei einem betrieblichen Schaden. Vielmehr ist die Zahlung von der Ausprägung einer Wettergröße („Index“) abhängig, die an einer vertraglich festgelegten Wetterstation gemessen wird.

Die Koppelung der Versicherungsleistung an außerbetriebliche Indikatoren bringt für die Versicherer Kostenvorteile (COLLIER et al., 2009), da u. a. die Schadensbegutachtung entfällt und kein *moral hazard*-Risiko vorhanden ist. WIV haben aus Sicht der Landwirtschaft einen konstruktionsbedingten Nachteil: Ähnlich wie bei der innerbetrieblichen Diversifizierung beruht die risikoreduzierende Wirkung auf **Korrelationen**. Man sucht zwar nach einem möglichst engen Zusammenhang zwischen Wetterindex und betrieblichem Ertragsgeschehen, 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).

Die Wirkung dieser Risikomanagementinstrumente auf das **unternehmerische Risiko** kann durch aggregierte Erfolgsgrößen wie z. B. dem Cashflow oder Gesamtdeckungsbeitrag (GDB) gemessen werden (MUBHOFF und HIRSCHAUER, 2016: 344). Der isolierte Blick auf die zu konstanten Preisen bewerteten Erträge, d.h. die Normerlöse, einer einzelnen Kultur wäre dagegen nur in einem Einproduktunternehmen mit deterministischen Kosten und Preisen adäquat. Studien, die die Risikowirkung verschiedener Instrumente anhand der Streuung vorgelagerter Risikofaktoren messen, vernachlässigen das **ökonomische Basisrisiko** (URBAN, 2019). Sie abstrahieren nicht nur davon, 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.

Bisher vorliegende Studien zu neuartigen Versicherungsinstrumenten und insbesondere WIV sind mit Blick auf ihr Potential als Risikomanagementinstrument in der Landwirtschaft nur teilweise begrenzt aussagekräftig, da sie auf ausgewählte Extremstandorte, insbesondere niederschlagsarme Regionen fokussieren, in denen von vornherein ein hohes Risikoreduzierungspotential zu erwarten ist (DOMS et al., 2018). Eine realistische Einschätzung der aus unternehmerischer Sicht erzielbaren Risikoreduzierung durch neuartige Versicherungsinstrumente für die Breite der deutschen Ackerbaubetriebe ist dagegen rar. Zudem nehmen nur wenige Arbeiten die gesamtbetriebliche Sichtweise ein und legen eine

⁵ Der Übergang von Versicherungen, die nur Ertragseinbußen aufgrund versicherter Ursachen (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).

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.

Ziel der vorliegenden Studie ist es deshalb, die Wirkung von ErtV und WIV auf das unternehmerische Risiko im Ackerbau deutschlandweit zu analysieren. Datengrundlage ist das Testbetriebsnetz des Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL, 2019). Insgesamt liegen der Untersuchung 377 haupterwerbliche Ackerbaubetriebe in den verschiedenen Boden-Klima-Räumen Deutschlands zugrunde. 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 in den untersuchten Betrieben ErtV bzw. WIV eingesetzt worden wären. Angesichts der Relevanz von Verlustgefahren wird in der dieser Studie die **Hedgingeffektivität** (HE) von Risikomanagementinstrumenten als die Reduktion von Verlustrisiken definiert und anhand verschiedener Indikatoren gemessen. Die Berechnung der HE erfolgt für verschiedene Hedgingstrategien, die sich Kontraktdesign und der Anzahl der eingesetzten Kontrakte (*hedge ratio*) unterscheiden. Nach bisherigem Kenntnisstand ist dies die erste Studie, die auf Basis eines deutschlandweiten Datenbasis untersucht, wie stark ErtV und WIV das unternehmerische Risiko in deutschen Ackerbaubetrieben verringern könnten.

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

2 Methodik und Datengrundlage

2.1 Bestimmung der Hedgingeffektivität mit Hilfe historischer Simulation

Zur Bestimmung der schwankungsreduzierenden Wirkung von ErtV und WIV auf Ertragebene und GDB-Ebene werden zunächst die Versicherungszahlungen berechnet, aus denen anschließend die Normerlös- bzw. GDB-Zeitreihe inklusive Versicherungszahlungen berechnet werden, bevor abschließend daraus die HE abgeleitet wird.

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 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.

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

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

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 MUBHOFF, 2008) und 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:

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

Dabei wird in der vorliegenden Arbeit x^* als arithmetisches Mittel aller Werte x_t festgelegt. Analog zur Berechnung der HE bei Verwendung der Standardabweichung

(PELKA et al., 2014), wird die HE als prozentuale Reduzierung der SSA angegeben:

$$(3) \quad HE^{SSA} = \frac{SSA^{ohne} - SSA^{mit}}{SSA^{ohne}}$$

2.2 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. Die Versicherungen sind fruchtartenspezifisch. Als Grundlage dienen in dieser Studie die Winterweizenerträge, weil diese Kultur in vielen Regionen Deutschlands angebaut wird.

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, um Verluste aus unterdurchschnittlichen Ernten 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.⁷⁸ Diese Strategie dient als Benchmark,

⁷ Bei der ErtV wird nur eine Put-Option analysiert, da die Call-Version einer ErtV Versicherungszahlungen leisten würde, wenn die Erträge überdurchschnittlich („zu gut“) sind.

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.

Tabelle 1: Design der vier analysierten Hedgingstrategien im Überblick

	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		$FP = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T Z_t$		
„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 Kontaktanzahl mit abgedeckt, denn eine Veränderung der tick size ist äquivalent mit einer Veränderung der Kontraktanzahl. Quelle: Eigene Darstellung.

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 MUBHOFF, 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 Potential des vorliegenden Niederschlagsindex zum Ausgleich von Ertragsverlusten aufzuzeigen.

⁸ *Strike level* und *hedge ratio* der optimierten Strategien wurden mit Hilfe der Software GAMS durch eine numerische Optimierung ermittelt. Basis war eine systematische Rastersuche.

(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 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 Potential des vorliegenden Niederschlagsindexes zur Reduzierung der GDB-Verluste aufzuzeigen.

2.3 Datengrundlage

Für die Analyse notwendige einzelbetriebliche Daten werden dem Testbetriebsnetz des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft entnommen (BMEL, 2019). Es werden nur Ackerbaubetriebe betrachtet (klassifiziert nach EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2008), für die im Zeitraum 1996 bis 2015 in mindestens 14 Jahren Buchführungsabschlüsse vorliegen (Tabelle 2).⁹ Nicht betrachtet werden juristische Personen, ökologische Betriebe und Nebenerwerbslandwirte. Die Zeitreihen werden deflationiert und trendbereinigt.¹⁰ Es bleiben 377 Betriebe im Sample (Ø 179 ha LF je Betrieb mit 38 % Weizen). Die Betriebe sind großflächig über das gesamte Bundesgebiet verteilt.

Tabelle 2: Die Stichprobe der landwirtschaftlichen Betriebe (N=377)

	Mittelwert	Minimum	25. Perzentil	75. Perzentil	Maximum
ha LF	179	24	73	219	1 494
% Weizen	38	4	31	47	71
GDB	105 281	5 515	52 136	126 646	674 212
GDB/ha	700	99	408	855	3 685

Quelle: Eigene Berechnungen.

Die Grundlage für die Modellierung der hier analysierten WIV bilden deutschlandweite Rasterdaten (im 1 km-Raster) der Niederschlagsmenge sowie des Anfangs- und Enddatums der phänologischen Phase „Schossen“. Die Niederschlagsrasterdaten („Regnie-Daten“) wurden anhand von Stationsdaten räumlich interpoliert (RAUTHE et al., 2013; DEUTSCHER WETTERDIENST, 2018). Die phänologischen Rasterdaten basieren ebenfalls auf einer Interpolation (MÖLLER et al., 2018; GERSTMANN et al., 2016), die Primärdaten werden seit 1951 unter Federführung des DWD bis heute an über 1 200 Beobachtungspunkten erhoben.

3 Hedgingeffektivität der Hedgingstrategien

3.1 Am Durchschnittsertrag orientierte Strategie

In Tabelle 3 ist aufgeführt, wie sich die SSA des Normerlöses und GDBs 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 3, wie auch die Ergebnisse der folgenden Tabellen (bspw. anhand der Perzentile), dass die Reduzierung der SSA sich einzelbetrieblich substantiell unterscheiden kann.

⁹ Fehlt ein Wert in einem Jahr (z. B. Ertrag), wird der gesamte Betrieb in diesem Jahr von der Untersuchung ausgeschlossen. Maximal dürfen zwei Jahre innerhalb der laufenden Zeitreihe fehlen.

¹⁰ Preise und Gewinne werden mit dem Konsumentenpreisindex deflationiert. Zudem werden alle Zeitreihen mit einem linearen Trend bereinigt.

Obwohl diese am Durchschnittsertrag orientierte ErtV die SSA 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 risikohöhen. Die einzelbetriebliche Risikoerhöhung 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 ratios* Aufschluss.

Tabelle 3: Reduzierung der Semistandardabweichung 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.

3.2 Ex post optimierte Strategien

In Tabelle 4 ist aufgeführt, welche Reduzierung der SSA auf Ertrags- und GDB-Ebene unter vollständiger Information über den gesamten Beobachtungszeitraum sowie dementsprechend optimal designter Hedgingstrategien maximal möglich gewesen wäre.

Bei der ex post GDB-optimierten ErtV, d. h. mit bestmöglichen *strike level* und *hedge ratios*, für eine Versicherung, die Verluste des Weizenertrags 1:1 entschädigt, kann die SSA des GDB im Mittel über alle Betriebe maximal um 9 % reduziert werden. 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.

Die vier Hedgingstrategien zeigen, dass auf die Minimierung des Ertragsverlustes abgestimmte Hedgingstrategien das unternehmerische Risiko erhöhen können. Sie bestätigen das Vorhandensein des ökonomischen Basisrisikos. Im Hinblick auf die Reduzierung der SSA 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. Insofern wird die Notwendigkeit deutlich, Hedgingstrategien im Hinblick auf eine Minimierung des unternehmerischen Risikos auszuwählen anstatt im Hinblick auf den Ausgleich von Ertragsverlusten. Die mittlere HE des Niederschlagsindizes basierend auf der Phase „Schossen“ ist eher gering. Allerdings kann sich die HE einzelbetrieblich deutlich unterscheiden, weshalb nachfolgend die Spezialisierung und der Bodenklimaraum als wichtige Einflussfaktoren auf die HE betrachtet werden.

Tabelle 4: Reduzierung der Semistandardabweichung 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		GDB	Put	Call	GDB	Put	Call
Alle Betriebe	Mittelwert	9	4,4	0,6	-0,4	0,1	1,9
	Minimum	0	0	0	-11,4	-5,8	0
	25. Perzentil	0,9	0	0	-1,6	0	0
	75. Perzentil	15,1	6,7	0	0,1	0	0
	Maximum	53,6	31,1	33,9	22,1	16,1	30
> 0 ¹⁾	Mittelwert	10,5	5,8	5,3	3	2,4	10
	N	325	285	46	98	26	72

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

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

Die Betrachtung der HE in Abhängigkeit von der Spezialisierung auf den Weizenanbau zeigt (Tabelle 5), dass eine 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.

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-Räumen¹¹, differenziert. In den Ergebnissen (Tabelle 6) dargestellt ist einerseits die GDB-optimierte ErtV, die anzeigt, welche HE im jeweiligen Boden-Klima-Raum auf Basis der Absicherung von Winterweizenenerträgen maximal möglich gewesen wäre. Dem gegenüber ist die GDB-optimierte WIV dargestellt, die anzeigt, welches Potential die WIV hätte ausschöpfen können.

¹¹ Die Boden-Klima-Räume sind im Hinblick auf die Standortfaktoren Boden und Klima gebildete räumlich homogene Einheiten (GÖMANN et al. (2015: 73 f.) nach ROßBERG et al. (2007)).

Tabelle 5: Reduzierung der Semistandardabweichung auf GDB-Ebene (= HE) für die GDB-optimierte Ertragsversicherung differenziert nach der Spezialisierung auf die Weizenproduktion¹⁾

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

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

Tabelle 6: Reduzierung der Standardabweichung auf GDB-Ebene (= HE) für zwei ausgewählte Hedgingstrategien differenziert nach Boden-Klima-Räumen

Hedgingstrategie	GDB-optimierte ErtV		GDB-optimierte WIV		Spezialisierung (Anteil Weizenerlös am gesamten Umsatzerlös, in %)	
	GDB		GDB			
	Put		Put	Call		
	N	Ø [Min;Max]	Ø [Min;Max]	Ø [Min;Max]	Ø	[Min;Max]
Norddeutsche Küstenregionen	37	8.6 [0; 42]	3.6 [0; 38,7]	1.3 [0; 15,6]	47	[25; 74]
Nord, Osten, MV	17	12.6 [0; 53,6]	1.6 [0; 6,2]	1.6 [0; 16,8]	35	[14; 51]
Leichte Böden Nordwest	23	4.8 [0; 25,9]	2.2 [0; 26,7]	1.5 [0; 26,4]	24	[3; 53]
Nord, Osten, BB	32	14.3 [0; 35,3]	2.5 [0; 16,7]	0.5 [0; 7,7]	31	[2; 71]
Hannover, Hildesheim	48	2.7 [0; 30,5]	0.6 [0; 11,6]	3.8 [0; 17,6]	40	[17; 56]
Mitte, Osten	69	9.2 [0; 39,7]	0.6 [0; 7,4]	1.1 [0; 30]	39	[12; 55]
Rhein. u. Hess. Ackerbaug.¹⁾	44	4.8 [0; 46]	1.7 [0; 42,8]	3.9 [0; 27,9]	30	[18; 63]
Übergangslagen	37	8 [0; 47,2]	5.4 [0; 32]	1.4 [0; 21,9]	31	[14; 60]
Südwestliche Mittelgebirge	14	3.4 [0; 21,1]	1.2 [0; 7,9]	3 [0; 17,4]	35	[23; 52]
Oberes Rheintal	33	5.7 [0; 22]	4 [0; 19,1]	1 [0; 22]	24	[4; 58]
Donau, Inntal	23	6.1 [0; 29,9]	2 [0; 13,8]	1.3 [0; 26,8]	19	[7; 32]

Anmerkung: ErtV: Ertragsversicherung, WIV: Wetterindexversicherung, Ø: Mittelwert, 1) Rheinische und Hessische Ackerbaugebiete. Quelle: Eigene Berechnungen.

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.

Vergleicht man die mittlere HE der GDB-optimierten ErtV (Benchmark) mit der mittleren HE der GDB-optimierten WIV, dann wird deutlich, in wie weit der hier gewählte Niederschlagsindex das Potential zur Reduzierung des GDB ausschöpft (siehe Tabelle 6). Gemessen an der HE der GDB-optimierten ErtV führt die Put-Option in den Regionen „Übergangslagen“ und „Oberes Rheintal“ zu einer relativ hohen Risikoreduzierung. In einigen Regionen, u. a. in den ertragsreichen Ackerbaugebieten „Hannover, Hildesheim“ und „Rheinische u. Hessische Ackerbaugebiet“, schneidet die Call-Option dagegen deutlich besser ab als die Put-Option.

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.

4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Infolge des Klimawandels wird erwartet, dass Ertragsschwankungen in Zukunft zunehmen. Um den Auswirkungen der veränderten klimatischen Bedingungen auf das unternehmerische Risiko zu begegnen, wird der Einsatz von ErtV und WIV diskutiert. Für den Unternehmer ist nicht die Ertragsschwankung, sondern die aggregierte Erfolgsgröße die betriebswirtschaftlich entscheidende Kennzahl, um die Wirkung von Risikomanagementinstrumenten zu beurteilen. 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 empirische Studie, die 377 Betriebe in ganz Deutschland und einen 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. Dies illustriert, welches Risikoreduzierungspotential 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.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen, dass erstens eine Ausrichtung der Hedgingstrategie auf den Ausgleich von Ertragsschwankungen für viele Betriebe kaum zu einer Reduzierung des unternehmerischen Risikos führt und einzelbetrieblich sogar risikoerhöhend wirken kann¹². Zweitens kann eine alleinige Absicherung des Weizenertes, selbst bei einer vergleichsweise hohen Spezialisierung auf den Weizenanbau und unter bestmöglichen Hedgingdesings (GDB-optimierte ErtV), nur einen kleinen Beitrag zum Risikomanagement leisten. Drittens ist die die risikoreduzierende Wirkung des Wetterindizes basierend auf dem Niederschlag der phänologischen Phase „Schossen“ gering, auch in niederschlagsarmen Regionen wie Brandenburg. Hier besteht Verbesserungspotential für den Index. Schließlich zeigen unsere Ergebnisse, dass in ertragsreichen Ackerbauregionen eine

¹² Aus den Risikoprofilen verschiedener Handlungsalternativen (bzw. der Risikoreduzierung bestimmter Risikomanagementstrategien) kann ohne Weiteres keine eindeutige Handlungsempfehlung abgeleitet werden. Hierfür müsste man die individuellen Risikonutzenfunktionen erfassen und in ein Erwartungsnutzenmodell integrieren. Das liegt jedoch jenseits der Ziele dieser Arbeit. In der vorliegenden Arbeit wird mit der Erfassung des Risikoreduzierungspotentials die Basis für Risikomanagemententscheidungen geschaffen.

Absicherung von zu viel Niederschlag ein größeres Risikoreduzierungspotential hat, als eine Absicherung von zu wenig Niederschlag.

Die ex post optimierten Strategien beschreiben, welches Risikoreduzierungspotential 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 (N=377) nicht ändern. Außerdem wird sich in der vorliegenden Studie auf die Kulturart Weizen konzentriert, weil der Weizenanbau in Deutschland weit verbreitet ist. 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. Andere Risikomaße, wie beispielsweise die Messung sehr großer Verluste, können unter Umständen zu einer etwas anderen Bewertung der Effektivität der Absicherungsstrategien führen. Weiterer Forschungsbedarf besteht zur HE von WIV, die das gesamte Anbauportfolio eines Betriebes absichern und nicht auf eine Klimavariablen beschränkt sind.

Danksagung

Die Autoren danken Herrn Dr. Markus Möller und dem DWD für die Zurverfügungstellung der phänologischen Rasterdaten bzw. der Rasterniederschlagsdaten (REGNIE-Daten).

Literaturverzeichnis

- BARNETT, B. (2014): Multiple-peril crop insurance: successes and challenges. In: *Agricultural Finance Review* 74 (2): 200–216.
- 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.
- BMEL (2019): Statistik und Berichte des BMEL. Testbetriebsnetz. In: <https://www.bmel-statistik.de/landwirtschaft/testbetriebsnetz/>. Abruf: 6.3.2019.
- BRÜCKNER, A., J. DOMS und N. HIRSCHAUER (2018): Wetterrisiko managen. In: *Agrarheute* (Mai 2018): 60–63.
- 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.
- 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.
- DEUTSCHER WETTERDIENST (2018): 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.
- 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.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (2008): Verordnung (EG) Nr. 1242/2008.

- 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.
- 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.
- 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. MUBHOFF (2008): 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.
- KELLNER, U. und O. MUBHOFF (2011): Precipitation or water capacity indices? An analysis of the benefits of alternative underlyings for index insurance. In: *Agricultural Systems* 104 (8): 645–653.
- LÜTKE ENTRUP, N. und B. C. SCHÄFER (2011): *Lehrbuch des Pflanzenbaus. Band 2: Kulturpflanzen.* Agroconcept, Bonn.
- 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>.
- MUBHOFF, 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.
- 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.