

Eignung von Wetterindexversicherungen
zur Risikoreduzierung in Ackerbaubetrieben

—

eine Analyse in Regionen Deutschlands
mit moderaten Standortbedingungen

Dissertation
zur Erlangung des
Doktorgrades der Agrarwissenschaften (Dr. agr.)

der
Naturwissenschaftlichen Fakultät III
Agrar- und Ernährungswissenschaften,
Geowissenschaften und Informatik

der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

vorgelegt von
Juliane Amelie Clarissa Urban
geb. Doms, geb. am 22.01.1989 in Düsseldorf

1. Gutachter: Prof. Dr. Norbert Hirschauer,
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
2. Gutachter: Prof. Dr. Oliver Mußhoff,
Georg-August-Universität Göttingen

Datum der Verteidigung: 04.02.2019

Kurzfassung

Volatile Kosten, Erträge und Preise führen in landwirtschaftlichen Betrieben zu Erfolgsschwankungen. Zur Risikoreduzierung können Landwirte Risikomanagementinstrumente wie eine Wetterindexversicherung (WIV) einsetzen. Diese setzen i. d. R. an einzelnen Risikoquellen an. Durch den Einfluss verschiedener Risikoquellen bemisst sich ihre Wirkung erst anhand der Schwankungen einer übergeordneten Erfolgsgröße. Voraussetzung für ein zielgerichtetes Risikomanagement ist somit die Festlegung der relevanten Erfolgsgröße, deren Volatilität reduziert werden soll. Vor diesem Hintergrund wird in dieser Arbeit das Potenzial von WIVs analysiert, um die Volatilität des einzelbetrieblichen Gesamtdeckungsbeitrags (GDBs) zu reduzieren.

Die Analyse basiert auf Datenreihen von 1994 bis 2014 von 20 deutschen Ackerbaubetrieben mit moderaten Standortbedingungen. Das Risikoreduzierungspotenzial von WIVs wurde anhand der Hedgingeffektivität (HE) gemessen. Zur Bestimmung der HE fanden zwei Verfahren Verwendung. Zum einen wurde mittels historischer Simulation die Volatilität des tatsächlichen GDBs (ohne WIV) mit der Volatilität verglichen, die sich bei fiktiven Hedgingstrategien und Strategien, basierend auf einem realen Marktangebot ergeben hätte. Eine Hedgingstrategie entspricht der Kombination eines WIV Kontrakts und einer Hedge Ratio (Anzahl gekaufter Kontrakte). Standardisierte und ex post optimierte Strategien wurden analysiert. Die Ermittlung letzterer erfolgte durch die Bestimmung der Kombination von Strike Level und Hedge Ratio, die ex post zur Risikoreduzierung geführt hätte. Die Produktionsprogramme der Betriebe wurden hier als gegeben angenommen. Zum anderen fand mit Hilfe eines dynamischen Planungsansatzes eine mögliche Anpassung des Produktionsprogramms bei Einsatz der Hedgingaktivität Berücksichtigung. Dabei wurde die Portfoliovarianz mit WIV mittels eines Risikoprogrammierungsansatzes minimiert. Grundlage für die Ermittlung der Portfoliovarianz ist die Varianz-Kovarianz-Methode. Die Ergebnisse und Schlussfolgerungen werden wie folgt zusammengefasst:

- Informationen über den Zusammenhang zwischen dem Index und dem Ertrag oder die Veränderung der Schwankungen der Normerlöse einer Kultur, die den zu konstanten Preisen bewerteten Erträgen entsprechen, liefern keine aussagekräftigen Hinweise zur HE von WIVs. Da eine Vielzahl von Risikoquellen auf den Unternehmenserfolg einwirkt, sind bei der Analyse der HE von WIVs die Schwankungen einer übergeordneten Erfolgsgröße zu betrachten. Nur dann können fundierte Risikomanagemententscheidungen abgeleitet werden.
- Zwar können WIVs grundsätzlich auch das Erfolgsrisiko von Ackerbaubetrieben mit moderaten Standortbedingungen reduzieren, allerdings fiel die HE überwiegend sehr gering aus oder das Risiko erhöhte sich sogar. Zudem variiert die HE in Abhängigkeit von der Hedgingstrategie und der spezifischen einzelbetrieblichen Situation. Die ex post optimierten Strategien zeigten sich den standardisierten Strategien deutlich überlegen. Deshalb können sich Landwirte bei der Wahl einer Hedgingstrategie nicht auf allgemeingültige Empfehlungen verlassen. Zudem liefert die Analyse von WIVs in Regionen mit extremeren Standortbedingungen keine Entscheidungsunterstützung für Landwirte in anderen Regionen.

Darüber hinaus passen Landwirte bei Einsatz einer WIV ihr Produktionsprogramm an, was die Analyse der HE mit Hilfe des gesamtbetrieblichen Risikoprogrammierungsansatzes verdeutlichte. Folglich müssen sowohl das interne als auch das externe Risikomanagement bei solchen Studien einbezogen werden, um die HE des Instruments beurteilen zu können.

Title: The capacity of weather index insurances for risk reduction in crop farms – An analysis in regions with moderate natural conditions in Germany

Abstract

The economic success and income of farming are subject to random fluctuations due to the instability of costs, yields and prices. To reduce performance risk, weather index insurances (WII) are made available to farmers. Instruments like this addresses the risk factors such as volatile yields that represent the upstream sources of performance risk. Its capacity to reduce farm specific performance risk, however, must be evaluated by measuring how WII reduce the volatility of a relevant performance figure. The specification and measurement of the performance figure of interest is the prerequisite of any purposeful risk management. The aim of this study therefore, is to analyze how WII reduce the volatility of farm specific total gross margins (TGM) of 20 German crop farms with moderate natural conditions.

For each farm, data from 1994 to 2014 is used to compute the risk reducing potential of WII. Measure of the risk reducing potential is the whole-farm hedging efficiency (HE), which is determined by two different methods. First, historic simulation is applied to calculate the HE that would have been obtained from various fictitious hedging strategies and strategies based on a real market offer. A hedging strategy is a combination of a specific WII contract and a specified hedge ratio in terms of number of purchased contracts. Identical predefined (standardized) strategies and ex post optimized strategies are tested for all farms. The latter are identified using a risk programming approach. Keeping the production programs constant, the hedge ratio and strike level are optimized ex post that would have minimized the volatility of the individual farm's TGM from 1994 to 2014. Secondly, a dynamic adaptation of the farm specific production program is allowed after WII are made available. The variance-covariance method is integrated into a risk programming model to minimize the portfolio variance with WII ex ante. The main results can be summarized as follows:

- Correlations between the index and the yield of a farm's main crop or the measured effect of a WII on the volatility of normalized revenues cannot be trusted to provide useful information regarding its whole-farm HE. Due to the influence of other risk factors, it is necessary to analyze the HE of WII with regard to a relevant performance figure like the farm specific TGM. This is important to derive informed risk management strategies.
- WII are generally able to reduce the performance risk of crop farms with moderate natural conditions. However, for most of the analyzed farms the HE was quite low or performance risk increased using WII. The whole-farm HE varies depending on the analyzed hedging strategy and is highly farm specific. Further, the risk reducing potential of the ex post optimized hedging strategies was higher than those of the standardized strategies. Hence, farmers cannot rely on general recommendations in their choice of a risk management strategy. Furthermore, analyzing the HE in regions with extreme natural conditions does not provide any support for decision making for farmers in other regions.

The whole-farm risk programming approach showed that farmers adapt their production program when hedging risk with WII. While analyzing the risk reducing potential of a risk management instrument, internal and external risk management must be considered to evaluate its HE.

Vorbemerkung

Für die vorliegende Studie werden einzelbetriebliche Daten aus den jährlichen betriebswirtschaftlichen Auswertungen des Arbeitskreises „Betriebsführung Köln-Aachener Bucht“ der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (LWK NRW) und des Arbeitskreises „Unternehmensführung“ der Landwirtschaftskammer Niedersachsen (LWK NI) verwendet.

Die Grundlage der Analyse bilden die Einzeldeckungsbeiträge der Produktionsverfahren, die Produktionsprogramme sowie die Gesamtdeckungsbeiträge einzelner Betriebe. Da es sich hierbei um sehr sensible betriebswirtschaftliche Daten handelt, können aus Datenschutzgründen keine einzelbetrieblichen Informationen präsentiert werden. Die Ergebnisse zur Hedgingeffektivität der analysierten Wetterindexversicherungen werden anonymisiert präsentiert.

Des Weiteren ist darauf hinzuweisen, dass Auszüge dieser Arbeit in Beiträgen von Doms (2017), Doms et al. (2017a; 2017b), Möller et al. (2018) und Doms et al. (2018) zu finden sind.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	
Abstract.....	
Vorbemerkung	
Inhaltsverzeichnis.....	I
Verzeichnis der Abbildungen.....	III
Verzeichnis der Tabellen	IV
Verzeichnis der Anhänge.....	V
Verzeichnis der Abkürzungen	VI
Teil A: Einleitung und theoretisch-konzeptionelle Grundlage	1
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung.....	1
1.2 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit	5
<i>Zielsetzung</i>	5
<i>Aufbau der Arbeit</i>	6
2 Grundlegende Methoden des quantitativen Risikomanagements	7
2.1 Quantitative Risikoanalyse	8
2.1.1 Die relevante Erfolgsgröße.....	8
2.1.2 Bestimmung des Risikoprofils	9
<i>Historische Simulation</i>	10
<i>Varianz-Kovarianz-Methode</i>	10
2.1.3 Maßzahlen zur Messung des Risikos	11
2.2 Entscheidungsfindung unter Berücksichtigung des Risikos	12
2.2.1 Modellendogen – das EU-Prinzip.....	12
2.2.2 Modellendogen – das EV-Kriterium.....	14
2.2.3 Modellexogen – Parametrische Risikoprogrammierung	17
2.2.4 Modellexogen – Bestimmung der Hedgingeffektivität	19
Teil B: Stand der Forschung und empirische Analyse.....	19
3 Studien zur Bewertung von WIVs	19
4 Grundsätzlicher Forschungsablauf und Untersuchungsgegenstand.....	24
4.1 Der Forschungsablauf im Überblick.....	24
4.2 Beschreibung der Datengrundlage, Standorte und untersuchten Betriebe	25
5 Analyse der Hedgingeffektivität von WIVs im Rahmen einer historischen Simulation.....	28
5.1 Grundsätzlicher Ablauf der historischen Simulation	29
5.2 Bestimmung der gesamtbetrieblichen Hedgingeffektivität	30

5.3	Analyse verschiedener fiktiver Hedgingstrategien	31
5.3.1	Die untersuchten Hedgingstrategien	31
5.3.2	Die Hedgingeffektivität der fiktiven Hedgingstrategien	37
5.4	Analyse von Hedgingstrategien basierend auf einem Marktangebot	47
5.4.1	Die untersuchten Hedgingstrategien	48
5.4.2	Die Hedgingeffektivität der Hedgingstrategien basierend auf dem Marktangebot	52
5.5	Diskussion der Ergebnisse der historischen Simulation	60
6	Analyse der Hedgingeffektivität von WIVs im Rahmen eines Risikoprogrammierungs- ansatzes.....	62
6.1	Grundsätzlicher Ablauf der Risikoprogrammierung	63
6.2	Das Optimierungsmodell.....	64
6.3	Datengrundlage	68
6.3.1	Die untersuchten Betriebe	68
6.3.2	Die untersuchten Wetterindexversicherungen	70
6.3.3	Bestimmung der Verteilungen und Korrelationen der Einzeldeckungs- beiträge im Rahmen einer Zeitreihenanalyse	72
	<i>Ablauf der Zeitreihenanalyse</i>	72
	<i>Ergebnisse der Zeitreihenanalyse</i>	74
6.4	Optimierte Produktionsprogramme und ermittelte Hedgingeffektivitäten	77
6.5	Diskussion der Ergebnisse des Risikoprogrammierungsansatzes	83
	Teil C: Schlussfolgerungen und Ausblick	85
7	Schlussfolgerungen und Ausblick.....	85
	<i>Schlussfolgerungen</i>	85
	<i>Ausblick</i>	90
	Literaturverzeichnis.....	92
	Anhang.....	101
	Danksagung.....	

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1: Ablaufschritte des quantitativen Risikomanagements	7
Abb. 2: Graphische Herleitung des EU-Prinzips	13
Abb. 3: Bestimmung des Optimums mit Hilfe von Indifferenzkurve und Risikoeffizienzlinie .	16
Abb. 4: Bestimmung der Risikoeffizienzlinie durch Parametrisierung.....	18
Abb. 5: Graphische Darstellung des Dominanzansatzes	18
Abb. 6: Forschungsablauf im Überblick.....	24
Abb. 7: Lage der Betriebe und klimatische Anbauverhältnisse in den Untersuchungsregionen	26
Abb. 8: Ablauf der historischen Simulation für eine Hedgingstrategie und einen Betrieb	29
Abb. 9: Empirische Verteilung des GDBs ohne und mit bodenfeuchtebasiertem Strangle, Betrieb 4.....	41
Abb. 10: Berechnung der Hedgingeffektivität des Marktangebots auf unterschiedlichen Erfolgsebenen	47
Abb. 11: Einzelbetriebliches furchtartenspezifisches Angebot, Referenzkultur: Winterweizen, Betrieb 10.....	52
Abb. 12: Ablauf der Risikoprogrammierung am Beispiel eines Betriebes	63
Abb. 13: Optimierungsschritte – Risikoeffizienzlinie ohne und mit WIV (mit Aufpreis).....	65
Abb. 14: Verlauf der Risikoeffizienzlinie ohne und mit WIV und Lage der optimierten Produktionsprogramme – Betrieb 1 auf Basis des AR(1)-Prozesses.....	77
Abb. 15: Verlauf der Risikoeffizienzlinie ohne und mit WIV und Lage der optimierten Produktionsprogramme – Betrieb 7 auf Basis des AR(1)-Prozesses.....	78

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1: Methoden zur Bestimmung des Risikoprofils	9
Tab. 2: Zusammenfassung ausgewählter Studien zur Hedgingeffektivität von Wetterindexversicherungen in Deutschland	23
Tab. 3: Charakteristika der untersuchten Betriebe (N=18)	27
Tab. 4: Analytierte fiktive Wetterindexversicherungen	32
Tab. 5: Verwendete Strike Level (fett markiert) und deren Bestimmung für den Niederschlags- und Rasterniederschlagsindex.....	35
Tab. 6: Pearson Korrelationen zwischen den Winterweizenerträgen und hypothetischen Auszahlungsströmen der zehn standardisierten Wetterindexversicherungskontrakte.....	38
Tab. 7: Gesamtbetriebliche HE (in %) für die fiktiven Kontrakte und die standardisierte Hedge Ratio „ein Kontrakt je ha“ (1994 - 2014)	40
Tab. 8: Gesamtbetriebliche HE (in %) für die fiktiven Kontrakte mit optimiertem Strike Level und Hedge Ratio (1994 - 2014).....	43
Tab. 9: Ex post optimierte (opt.) Strike Level und Hedge Ratios für die einzelnen Betriebe ..	44
Tab. 10: Zusammenfassung der Korrelationen und gesamtbetrieblichen HE (N=20, 1994 - 2014).....	45
Tab. 11: Einzelbetriebliche Kontraktparameter	51
Tab. 12: HE (in %) des Marktangebots für verschiedene Strike Level K und die standardisierte Hedge Ratio „ein Kontrakt je ha“ (1994 - 2014)	55
Tab. 13: HE (in %) des Marktangebots mit optimierter Hedge Ratio auf Gesamtdeckungsbeitragsebene (1994 - 2014).....	58
Tab. 14: Zusammenfassung der gesamtbetrieblichen HE (N=20, 1994 - 2014)	59
Tab. 15: Faktorausstattung der Betriebe im Jahr 2015.....	68
Tab. 16: Einzelbetriebliche Faktorinanspruchnahmekoeffizienten und Fruchtfolgerestriktionen, Betrieb 1	69
Tab. 17: Einzelbetriebliche Faktorinanspruchnahmekoeffizienten und Fruchtfolgerestriktionen, Betrieb 7	69
Tab. 18: Betriebsspezifische Parameter der Wetterindexversicherung.....	71
Tab. 19: Faire Prämie und Aufpreis der Wetterindexversicherung	72
Tab. 20: Planannahmen auf Basis des AR(1)-Prozesses (bzw. des alternativen Prozesses), Betrieb 1 und Betrieb 7	76
Tab. 21: Optimierungsergebnisse auf Basis des AR(1)-Prozesses (bzw. des alternativen Prozesses), Betrieb 1	80
Tab. 22: Optimierungsergebnisse auf Basis des AR(1)-Prozesses (bzw. des alternativen Prozesses), Betrieb 7	81

Verzeichnis der Anhänge

Anhang 1: Einteilung der Bundesrepublik Deutschland in Boden-Klima-Räume	101
Anhang 2: Standortbedingungen der Betriebe – Temperatur (in °C, langjähriges Mittel, 1981-2010)	102
Anhang 3: Verteilung der Niederschlagssumme nach Jahr und Gemeinde innerhalb einer Wachstumsperiode am Beispiel der phänologischen Phase „Schossen“ von Winterweizen	103
Anhang 4: Standortbedingungen der Betriebe – Ackerbauliches Ertragspotenzial.....	104
Anhang 5: Ergebnisse des Tests auf Normalverteilung der einzelbetrieblichen Gesamtdeckungsbeiträge in €/ha (Status Quo, ohne WIV).....	105
Anhang 6: Gesamtbetriebliche HE für die fiktiven WIVs und standardisierten Hedge Ratios (zwei und drei Kontrakte je ha) (1994 - 2014)	106
Anhang 7: Versicherungsmathematisch faire Prämie in €/Kontrakt für die standardisierten fiktiven Kontrakte (1994 - 2014).....	107
Anhang 8: Versicherungsmathematisch faire Prämie in €/Kontrakt für die ex post optimierten fiktiven Kontrakte (1994 - 2014)	108
Anhang 9: Hedgingintensität (faire Prämie multipliziert mit der Hedge Ratio) in €/ha für die ex post optimierten fiktiven Hedgingstrategien (1994 - 2014).....	109
Anhang 10: Mögliche Wettervariablen für das Design des Marktangebots	110
Anhang 11: Versicherungsmathematisch faire Prämie in €/Kontrakt für das Marktangebot und die verschiedenen Strike Level (1994 - 2014).....	111
Anhang 12: Versicherungsmathematisch faire Prämie in €/Kontrakt für das Marktangebot für die verschiedenen Strike Level und die ex post optimierten Hedge Ratios (1994 - 2014).....	112
Anhang 13: Hedgingintensität (faire Prämie multipliziert mit der Hedge Ratio) in €/ha für das ex post optimierte Marktangebot (1994 - 2014)	113
Anhang 14: Fragebogen zur Erhebung ergänzender einzelbetrieblicher Informationen.....	114
Anhang 15: Die Box-Jenkins Testprozedur	119
Anhang 16: Vergleich der Ergebnisse der Prozessschätzung mittels Statgraphics, SAS und Gretl	120
Anhang 17: Überblick über die geschätzten und angewandten Prognosemodelle.....	121

Verzeichnis der Abkürzungen

AK	Arbeitskraft
AKh	Arbeitskraftstunden
b2b	b2b Protect GmbH
BKR	Boden-Klima-Raum
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
DB	Deckungsbeitrag
dt	Dezitonne
DWD	Deutscher Wetterdienst
EU	Erwartungsnutzen
EV	Erwartungswert-Varianz
GDB	Gesamtdeckungsbeitrag
gvf	gvf VersicherungsMakler AG
ha	Hektar
HE	Hedgingeffektivität
LWK	Landwirtschaftskammer
LWK NI	Landwirtschaftskammer Niedersachsen
LWK NRW	Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen
MLUL Brandenburg	Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
nFK	Nutzbare Feldkapazität
PV	Produktionsverfahren
RM	Risikomaß
RP	Risikoprämie
SÄ	Sicherheitsäquivalent
VaR	Value at Risk
WIV	Wetterindexversicherung
ZV	Zufallsvariablen

Teil A: Einleitung und theoretisch-konzeptionelle Grundlage

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Infolge volatiler Kosten, Erträge und Preise (unsichere Preis- und Mengengerüste), die mit der Realisierung einzelner Produktionsverfahren einhergehen, schwankt der Erfolg landwirtschaftlicher Unternehmen. Die Erfolgsschwankungen bezeichnet man auch als Erfolgsrisiko (Mußhoff und Hirschauer 2016: 343f.). Durch den Abbau preisstabilisierender Maßnahmen wird von einer Erhöhung des einzelbetrieblichen Erfolgsrisikos in den letzten Jahrzehnten ausgegangen (von Ledebur und Schmitz 2011). Auch die Volatilität natürlicher Wachstumsfaktoren stellt eine entscheidende Risikoquelle dar. Als Folge des Klimawandels ist ein Anstieg von Extremwetterlagen, wie Dürren oder Stark- und Dauerregen (Gourdji et al. 2013; Trnka et al. 2014), und damit verbunden eine Zunahme von Ertragsschwankungen (Asseng et al. 2015) zu erwarten. Diese verschiedenen Risikoquellen tragen in unterschiedlichem Maße zum Erfolgsrisiko bei.

Landwirtschaftliche Unternehmer können unterschiedliche Risikomanagementinstrumente nutzen, um Erfolgsschwankungen zu reduzieren. Mit der Überlegung solche Risikomanagementinstrumente einzusetzen, wird implizit ein risikoaverser Entscheidungsträger unterstellt (Hardaker et al. 2015: 6). Diese streben sowohl nach Gewinn als auch nach Sicherheit und haben, abhängig vom Grad der individuellen Risikoaversion, eine bestimmte Zahlungsbereitschaft für die Reduzierung des Risikos (Chavas 2004: 35; Hardaker et al. 2015: 6).

Landwirte können auf inner- und außerbetriebliche Risikomanagementinstrumente zurückgreifen. Zu den innerbetrieblichen Maßnahmen zählt beispielsweise die Diversifizierung des Produktionsprogramms. Beispiele für außerbetriebliche Risikomanagementinstrumente sind der Abschluss bilateraler Verträge zur Absicherung des preisbedingten Erfolgsrisikos oder herkömmliche Schadensversicherungen zur Absicherung des ertragsbedingten Erfolgsrisikos. Neben Schadensversicherungen sind inzwischen Wetterindexversicherungen¹ (WIVs) verfügbar (vgl. z.B. Offermann et al. 2017).

Während Schadensversicherungen, wie z. B. Hagelversicherungen, auf einem Betrieb tatsächlich entstandene Ertragsschäden kompensieren, ist eine Auszahlung bei WIVs abhängig von dem Verlauf eines außerbetrieblich und objektiv gemessenen Wetterindex. Für das Indexdesign werden üblicherweise eine oder mehrere meteorologische Variablen über einen festgelegten Bezugszeitraum (Hedging Periode) auf unterschiedliche Weise aggregiert. Dabei wird

¹ Die Wirkungsweise von „Wetterindexversicherungen“ und „Wetterderivaten“ ist mit Blick auf die unternehmerische Risikoreduzierung identisch. Zur Quantifizierung des Risikoreduzierungspotenzials können die Begriffe deshalb synonym verwendet werden (Stoppa und Hess 2003, Hess und Syroka 2005). Aus ertragssteuerrechtlicher Sicht dürfen WIVs hingegen nicht mit Wetterderivaten gleichgesetzt werden. Bei Wetterderivaten handelt es sich i. d. R. um Wertpapiere, die über die Börse oder „Over the counter“, d. h. außerbörslich, gehandelt werden können. Auf Grund dessen ergeben sich u. a. Unterschiede in der steuerrechtlichen Behandlung der ausgelösten Zahlungen (The World Bank 2011: 18).

versucht, einen außerbetrieblichen Index zu ermitteln, der möglichst stark mit den betrieblichen Wetterbedingungen oder gar den Erträgen korreliert. Eine Auszahlung in Euro je Indexpunkt (Tick Size) erfolgt unabhängig von dem tatsächlich entstandenen Ertragsschaden. Entspricht die Kontraktstruktur einer Put-Option, wird eine Auszahlung ausgelöst, wenn der Wetterindex unter einen vertraglich festgelegten Schwellenwert (Strike Level) fällt. Erfolgt eine Zahlung bei Überschreitung des Strike Levels, handelt es sich um eine Call-Option (The World Bank 2011; Cole et al. 2012).

Ein Vorteil von WIVs gegenüber Schadensversicherungen ist die Unabhängigkeit der Auszahlung von den Charakteristika und Handlungen des Versicherten. Dadurch werden adverse Selektions- und Moral-Hazard-Probleme vermieden. Zudem sind die Verwaltungs- und Regulierungskosten niedriger, da aufwändige Schadensbegutachtungen entfallen (Goodwin 2001; Collier et al. 2009; Jensen und Barrett 2017). Nachteilig ist der Verbleib eines Basisrisikos in unbestimmter Höhe beim landwirtschaftlichen Entscheidungsträger, da betriebliche Einkommensverluste durch die Auszahlung der WIV nicht zwingenderweise kompensiert werden. Einerseits kann eine Auszahlung erfolgen, obwohl kein betrieblicher Verlust eingetreten ist, andererseits kann, trotz eingetretenem Verlust, keine oder lediglich eine geringe Auszahlung ausgelöst werden (vgl. z. B. Barnett und Mahul 2007; Deng et al. 2007; Norton et al. 2012).

Hierfür gibt es verschiedene Gründe: Die an dem Ort der Messung erfassten Wetterbedingungen können von den Wetterbedingungen an dem versicherten Betrieb, die letztlich die Erträge beeinflussen, abweichen. Dies wird als „geographisches Basisrisiko“ bezeichnet. Zudem können neben den mit Hilfe des Indexes erfassten Wettergrößen andere Faktoren den Ertrag beeinflussen. Eine weitere Einflussgröße wäre eine andere Wettervariable, die über die gleiche oder eine andere Hedging Periode aggregiert wird. Darüber hinaus hat möglicherweise die Qualität des Saatgutes oder ein Schädlingsbefall negative Auswirkungen auf den Ertrag. Man spricht vom „Basisrisiko der Produktion“ (Skees 2008; Woodard und Garcia 2008; IFAD 2011; Ritter et al. 2014).² Der Fokus liegt bei dieser Sichtweise zur Analyse der Wirkungsweise von WIVs auf den Ertragsschwankungen.

Die Entscheidungsfindung über den Einsatz eines Risikomanagementinstruments, d. h. die Umsetzung einer oder mehrerer Risikomanagementstrategien (Risikomanagement), erfolgt durch die Analyse der (Grenz-)Kosten und (Grenz-)Leistung dieser Strategien. Um die Leistung der Strategien zu bestimmen, müssen sowohl die Wirksamkeit des Instruments als auch die Risikoeinstellung des Entscheiders bekannt sein. Methodisch kann auf das Erwartungsnutzen-Prinzip oder das Erwartungswert-Varianz-Kriterium zurückgegriffen werden (vgl. z. B. Mußhoff und Hirschauer 2016: 439ff.). Die Umsetzung dieser Konzepte ist jedoch mit einem hohen Informationsbedarf verbunden (Hardaker et al. 2015: 81ff. und 103f.). Da die dazu nötigen Informationen, wie die Risikoeinstellung des Entscheidungsträgers, nicht immer bekannt oder bestimmbar sind, kann die Ermittlung der Hedgingeffektivität (HE) eine Alternative zur Entscheidungsfindung darstellen. Die HE ist ein Maßstab, der zur Quantifizierung des Risikoreduzierungspotenzials eines Risikomanagementinstruments eingesetzt wird. Mit Hilfe der HE lässt sich die

² Das geographische Basisrisiko und das Basisrisiko der Produktion werden im Folgenden als „herkömmliches Basisrisiko“ bezeichnet.

prozentuale Reduzierung der Volatilität einer vorab definierten Größe nach erfolgtem Risikomanagement messen (vgl. z. B. Ederington 1979; Golden et al. 2007). Bei der betrachteten Größe sollte es sich um eine relevante übergeordnete Erfolgsgröße handeln. Die Ermittlung der Wirkung eines Instruments anhand der Schwankungen des Unternehmenserfolgs ist entscheidend, da Risikomanagementinstrumente an den Risikoquellen (volatile Kosten, Erträge, Preise) ansetzen. Ihr Risikoreduzierungspotenzial bemisst sich aber auf Grund der Vielzahl der verschiedenen Risikofaktoren, die gemeinsam zum Unternehmenserfolg beitragen (Vrolijk und Poppe 2008: 33f.; Kimura et al. 2010), erst anhand der Volatilität der übergeordneten Erfolgsgröße (Doherty 2000: 12; Binswanger-Mhkize 2012; Mußhoff und Hirschauer 2016: 343f.). Voraussetzung für ein zielgerichtetes Risikomanagement ist deshalb die Festlegung der relevanten Erfolgsgröße, deren Schwankungen reduziert werden sollen (Mußhoff und Hirschauer 2016: 344). Dabei kann es sich um den Gesamtdeckungsbeitrag (GDB), der auf der Ebene der Produktionsprogrammplanung die wesentliche Entscheidungsgrundlage darstellt, handeln (Mußhoff und Hirschauer 2016: 187ff.). Eine andere relevante Erfolgsgröße wäre der damit fast zusammenfallende Cash Flow, der für Entnahmen, Tilgungen und Investitionen verfügbar ist (Hoag 2010: 70f.).

Die Fokussierung auf das herkömmliche Basisrisiko, das mit dem Design von WIVs einhergeht, ist somit nicht ausreichend. Stattdessen ist eine breitere Risikoperspektive nötig. Diese breitere Risikoperspektive wird in dieser Arbeit mit dem Begriff „ökonomisches Basisrisiko“ beschrieben. Das ökonomische Basisrisiko beschreibt das gesamtbetriebliche Erfolgsrisiko, das auf Grund der verschiedenen Risikoquellen nach dem Einsatz eines Risikomanagementinstruments verbleibt (Binswanger-Mhkize 2012).

Die Bestimmung des Risikoreduzierungspotenzials von WIVs in landwirtschaftlichen Betrieben stand bereits häufig im Fokus verschiedener Analysen. Die Studien unterscheiden sich hinsichtlich (i) der betrachteten Risikoquelle und damit der analysierten Erfolgsgröße und (ii) der analysierten Region und Kontraktstruktur.

Ad (i): Innerhalb von Studien, die sich auf Ertragsschwankungen und die Annahme des Einproduktunternehmens beschränken, wird häufig die Reduzierung der Schwankungen der untergeordneten Zielgröße „(Norm-)Erlöse“ durch den Einsatz einer WIV analysiert. Bei den Normerlösen handelt es sich um die Erträge bewertet zu konstanten Preisen (vgl. z. B. Vedenov und Barnett 2004; Berg und Schmitz 2008; Heimfahrth et al. 2012; Sun et al. 2014; Adeyinka et al. 2016). Bei der Bestimmung der Wirkung von WIVs allein auf Basis der Normerlöseebene bleibt jedoch der Einfluss verschiedener Risikoquellen auf das Erfolgsrisiko unberücksichtigt. Auf Grund dessen entspricht die gemessene „HE“ nicht der tatsächlichen Reduzierung des Erfolgsrisikos, die ein Landwirt beispielsweise durch den Kauf einer WIV erzielen kann. Wird dennoch fälschlicherweise die prozentuale Reduzierung der Variabilität der Normerlöse ausgewiesen, könnte dies zu Risikomanagemententscheidungen führen, die das ökonomische Erfolgsrisiko sogar erhöhen. Nach bisherigem Kenntnisstand haben wenige Studien einen gesamtbetrieblichen Ansatz verfolgt und die Volatilität einer übergeordneten Erfolgsgröße betrachtet. Der Fo-

kus lag insbesondere auf deutschen Betrieben (vgl. z. B. Hirschauer und Mußhoff 2008a; Mußhoff et al. 2008; Kellner und Mußhoff 2011; Schulte-Geers und Berg 2011; Buchholz und Mußhoff 2014).

Ad (ii): In durch Trockenheit und Dürre bedrohten Regionen werden meist niederschlagsbasierte Put-Optionen analysiert. Exemplarisch sind Studien in Indien, Malawi oder Äthiopien zu nennen (vgl. z. B. Hess und Syroka 2005; Giné et al. 2007; Barnett und Mahul 2007). Einige wenige Studien befassen sich mit anderen Wetterproblemen, wie Fluten auf Grund von starken Niederschlägen oder Dauerregen (vgl. z. B. Khalil et al. 2007). Teilweise wird auch das Risikoreduzierungspotenzial von Put- und Call-Optionen verglichen, da in den betrachteten Regionen mehr als eine Extremwetterlage dominiert (vgl. z. B. Turvey 2001; Richards et al. 2004; Sun et al. 2014).

Auch die bisher auf der Ebene des GDBs durchgeführten Analysen zur HE von WIVs beschränkten sich auf deutsche Betriebe mit extremeren Standortbedingungen³. Der Fokus lag beispielsweise auf Betrieben in Brandenburg (BKR 104) mit sandigen Böden und geringen jährlichen Niederschlägen (vgl. z. B. Kellner und Mußhoff 2011; Buchholz und Mußhoff 2014). Diese Fokussierung auf Extremstandorte ermöglicht es, grundsätzliche Erkenntnisse über die gesamtbetriebliche HE des Instruments in realen Betrieben zu gewinnen. Allerdings kann auf Grund der heterogenen Standortbedingungen in Deutschland (vgl. z. B. Roßberg et al. 2007) anhand dieser Analysen keine Aussage zur Wirkungsweise von WIVs über die Breite der Betriebe getroffen werden. Dazu müssten auch Betriebe in anderen Regionen Deutschlands analysiert werden, die z. B. durch moderate Standortbedingungen charakterisiert sind.

Nach bisherigem Kenntnisstand wurden keine Studien zur HE von WIVs bezogen auf die Volatilität des GDBs realer Betriebe mit moderaten Standortbedingungen durchgeführt. Doch für landwirtschaftliche Entscheidungsträger an moderaten Standorten ist die Wirkung von WIVs ebenfalls interessant, da sie sich i. d. R. nicht für (präventive) kostenintensive Risikomanagementmaßnahmen entscheiden, wie die Bewässerung von Winterweizen bei Vorsommertrockenheit (Kanders 2017). Demgegenüber können Landwirte an Extremstandorten ihr Produktionsprogramm anpassen, indem sie sich für den Anbau trockenheitstoleranter Kulturen entscheiden. Dazu zählen u. a. Roggen und Sommerbraugerste (vgl. z. B. Graf et al. 2009; Thünen 2018). Darüber hinaus ist die Wahl einer Kontraktstruktur für Betriebe in Regionen mit extremeren klimatischen Bedingungen, wie Dürre im Sommer, einfacher, da die Risikoquellen offensichtlich sind. Für Betriebe in Regionen mit moderaten Standortbedingungen ist das nicht unbe-

³ Der Begriff „Standortbedingungen“ bezieht sich in dieser Studie auf die Anbauverhältnisse in Bezug auf das Klima (Temperatur und Niederschlag), die Bodenart und die Bodenqualität innerhalb einer Region. Zur Abgrenzung „moderater“ Standortbedingungen von „extremeren“ Standortbedingungen wird innerhalb dieser Arbeit die Unterteilung der Bundesrepublik Deutschland in Boden-Klima-Räume (BKR) nach Roßberg et al. (2007) genutzt (siehe Anhang 1). Um Gebiete mit „relativ homogenen Standortbedingungen für die landwirtschaftliche Produktion“ (Roßberg et al. 2007: 156) zu ermitteln, wurden sowohl die klimatischen Bedingungen als auch die Bodengüte einbezogen. Unter Regionen Deutschlands mit „extremeren“ Standortbedingungen werden im Folgenden z. B. die trocken-warmen diluvialen Böden des ostdeutschen Tieflandes (BKR 104) gefasst. Demgegenüber werden die Standortbedingungen beispielsweise in den Boden-Klima-Räumen „Jülicher Börde, Zülpicher Börde/Niederungslagen, feucht“ (BKR 141) oder „Südhanover/Lehmböden“ (BKR 145) als „moderat“ bezeichnet.

dingt eindeutig. Ein einzelner Landwirt weiß zudem nicht zwangsläufig, ob seine Standortbedingungen als moderat einzustufen sind.

1.2 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit

Zielsetzung

Der „Hype“ um WIVs ist groß (Binswanger-Mhkize 2012), da bisherige Studien zur Wirkung von WIVs vielfach auf die Veränderung der Schwankungen der Erträge oder Erlöse einer einzelnen Kultur fokussieren. Diese Herangehensweise bedingt die Beschränkung der Analyse auf WIVs, deren Konzeption sich an einer einzigen Referenzfruchtart orientiert. Im Folgenden werden diese auch als fruchtartenspezifische WIVs bezeichnet. Gleichzeitig liegt das Augenmerk auf Betrieben in Regionen mit extremeren Standortbedingungen. Diese vereinfachten Modelle weichen von den viel komplexeren Betriebsstrukturen und den oft weniger extremen Standortbedingungen von Ackerbaubetrieben in Deutschland ab. Deutsche Versicherungsunternehmen, die WIVs anbieten, verfolgen bei der Konzeption ihres Produkts (teilweise) einen ähnlichen Grundgedanken. Diese entwickeln teilweise fruchtartenspezifische WIVs, die möglichst hoch mit den einzelbetrieblichen Erträgen einer Fruchtart korreliert sind (siehe u. a. die Produkte der b2b Protect GmbH (2018) oder der gvf VersicherungsMakler AG (2014)). Dadurch wird versucht, das herkömmliche Basisrisiko zu minimieren. Um das tatsächliche Risikoreduzierungspotenzial solcher Risikomanagementinstrumente einordnen zu können, müssen diese in einem gesamtbetrieblichen Planungsansatz geprüft werden, bei dem die Reduzierung der Streuung des unternehmerischen Erfolgs quantifiziert wird. Dies gilt auch für die beschriebenen fruchtartenspezifischen WIVs, die im Hinblick auf die Stabilisierung der Erträge einer bestimmten Fruchtart „optimiert“ wurden.

Vor diesem Hintergrund liegt der Fokus nicht auf der Analyse von WIVs, die optimal auf den Gesamtbetrieb abgestimmt wurden (vgl. z. B. Binswanger-Mhkize 2012), obwohl in dieser Studie eine gesamtbetriebliche Perspektive eingenommen und die Volatilität einer übergeordneten Erfolgsgröße analysiert wird. Stattdessen wird dem in der Praxis und der Forschung dominierenden Ansatz gefolgt und fiktive fruchtartenspezifische WIVs konzipiert, um deren Risikoreduzierungspotenzial mit Hilfe eines gesamtbetrieblichen Planungsansatzes zu analysieren. Zusätzlich liegt der Analyse ein real verfügbares Marktangebot einer WIV zugrunde.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, das gesamtbetriebliche Risikoreduzierungspotenzial von verschiedenen fiktiven und realen Hedgingstrategien (Kombinationen einer WIV und Hedge Ratio (Anzahl gekaufter Kontrakte) am Beispiel von Ackerbaubetrieben in Regionen Deutschlands mit moderaten Standortbedingungen zu analysieren. Das Risikoreduzierungspotenzial wird anhand der HE, d. h. der Veränderung der Volatilität des einzelbetrieblichen GDBs, gemessen. Durch die Untersuchung von Betrieben mit moderaten Standortbedingungen kann ein erster Eindruck über das Risikoreduzierungspotenzial von WIVs in der Breite der Betriebe gewonnen werden.

Die Grundlage der Analyse bilden 20 deutsche Ackerbaubetriebe im Süden Nordrhein-Westfalens und im Südosten Niedersachsens. Die Regionen eignen sich, da sie moderate Standortbedingungen aufweisen. Für die gesamtbetriebliche Analyse werden die Einzeldeckungsbeiträge

der Produktionsverfahren, die Produktionsprogramme sowie die GDBs der Betriebe von 1994 bis einschließlich 2014 verwendet.

Aufbau der Arbeit

Diese Arbeit ist wie folgt aufgebaut:

In *Kapitel 2* werden zunächst grundlegende Methoden des Risikomanagements erläutert, die in bereits durchgeführten Studien zum Risikoreduzierungspotenzial von WIVs verwendet wurden und in der vorliegenden Studie Anwendung finden. Dies beinhaltet eine Beschreibung der wesentlichen Schritte der Risikoanalyse. Dazu zählen die Wahl der relevanten Erfolgsgröße, die möglichen Methoden zur Bestimmung des Risikoprofils und Maßzahlen zur Messung des Risikos. Danach werden die verschiedenen modellendogenen und -exogenen Methoden zur Entscheidungsfindung unter Berücksichtigung des Risikos dargelegt und Unterschiede hervorgehoben. Dieses Kapitel hat den Zweck, den theoretischen Hintergrund dieser Arbeit aufzuzeigen, um anschließend bisherige Studien zur HE von WIVs anhand der gewählten Methodik einordnen zu können. Ferner erfolgt eine Erläuterung zur Auswahl der Methoden, die bei der hier durchgeführten Fallstudie Verwendung finden.

Kapitel 3 beinhaltet eine Übersicht über die bisher durchgeführten Studien zur Bewertung von WIVs. Dies schließt insbesondere die Wirkung von WIVs auf die Schwankungen der (Norm-)Erlöse und des GDBs ein. Dabei wird auf die unterschiedlichen verwendeten Methoden sowohl beim Design der WIVs als auch bei der Analyse des Risikoreduzierungspotenzials und die bisher erzielten HEs eingegangen. Dieses Kapitel dient dazu, über den derzeitigen Stand der Forschung zum Risikoreduzierungspotenzial von WIVs zu informieren und Forschungslücken zu identifizieren, die den Ausgangspunkt für die hierauf folgende Fallstudie bilden. Zudem ist es im Verlauf dieser Arbeit möglich, auf der Grundlage dieses Kapitels die erzielten Ergebnisse einzuordnen.

Der grundsätzliche Forschungsablauf und der Untersuchungsgegenstand sind Inhalt von *Kapitel 4*. Zunächst erfolgt eine Übersicht über den Ablauf der Fallstudie. Zudem wird erläutert, an welchen der identifizierten Forschungslücken die vorliegende Studie ansetzt und welche Methoden bei der Analyse des Risikoreduzierungspotenzials von WIVs zur Anwendung kommen. Ferner werden an dieser Stelle die Gründe für die Auswahl der Methoden „historische Simulation“ und „Risikoprogrammierung“ zur Bestimmung der HE von WIVs sowie der Ablauf der beiden Verfahren kurz dargelegt. Darauf folgt die Beschreibung der Datengrundlage und der untersuchten Betriebe. Anhand dieses Kapitels lässt sich der Forschungsablauf vor dem Hintergrund der bisher durchgeführten Studien klar abgrenzen. Gleichzeitig wird mit Hilfe dieses Kapitels die Grundlage für die nachfolgenden Analysen geschaffen.

Die beschriebenen Daten fließen in *Kapitel 5* in die Bestimmung der gesamtbetrieblichen HE (Bezugsgröße GDB) mit Hilfe einer historischen Simulation ein. Hierbei handelt es sich um einen statischen Simulationsansatz. Die Produktionsprogramme der Betriebe werden als gegeben angenommen. Zunächst wird der Ablauf der historischen Simulation erläutert und die Vorgehensweise zur Bestimmung der HE dargelegt. Anschließend folgt die Beschreibung und Analyse verschiedener fiktiver und realer Hedgingstrategien. Danach werden die Ergebnisse präsentiert und diskutiert sowie ein erstes Zwischenfazit gezogen.

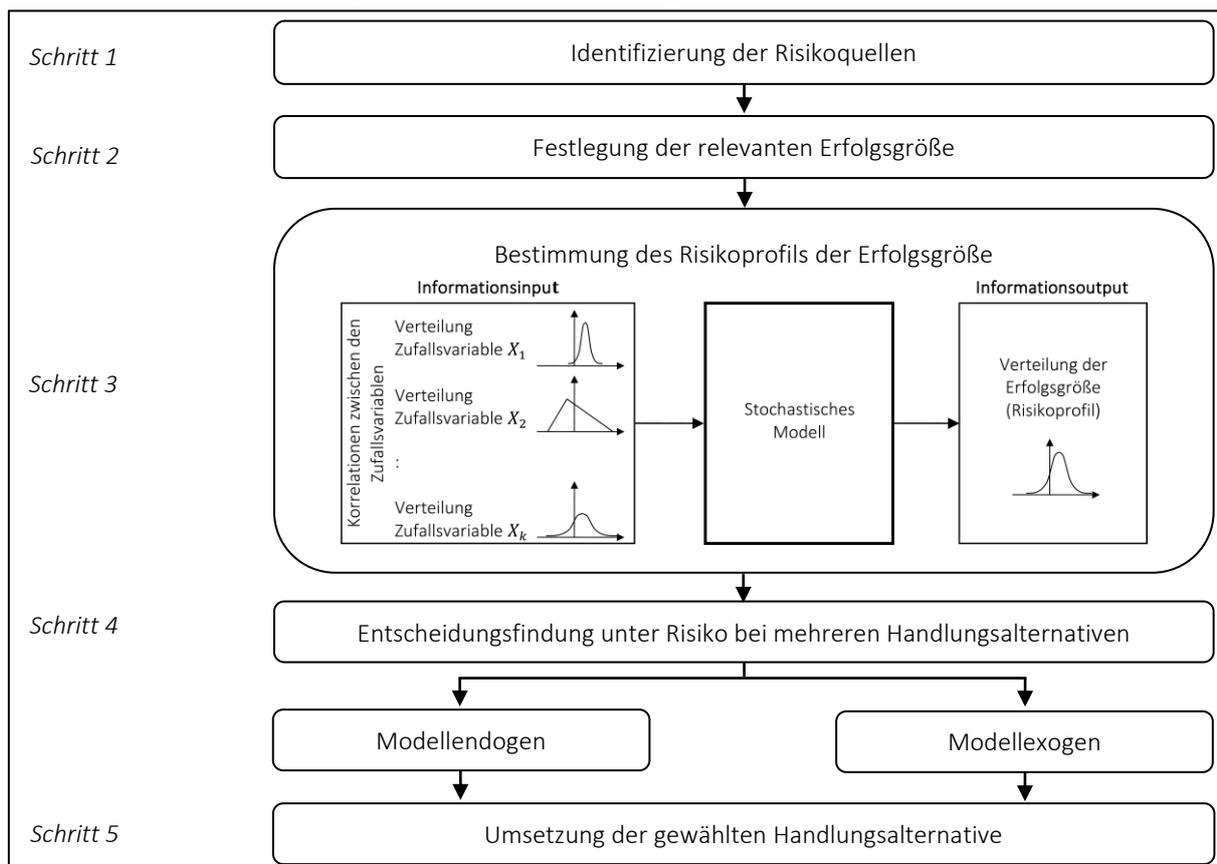
In *Kapitel 6* wird mit dem Risikoprogrammierungsansatz ein weiteres Verfahren zur Ermittlung der gesamtbetrieblichen HE von WIVs eingeführt. Im Gegensatz zur historischen Simulation ermöglicht dieser Ansatz eine dynamische Anpassung des Produktionsprogramms bei Einsatz einer WIV. Zunächst wird der grundsätzliche Ablauf der Risikoprogrammierung erläutert. Im Folgenden werden das Optimierungsmodell sowie der Untersuchungsgegenstand und die Plannahmen für die Risikoprogrammierung dargelegt. Im Anschluss folgt die Präsentation und Diskussion der Ergebnisse. Dies umfasst auch ein weiteres Zwischenfazit.

Kapitel 7 fasst die Analyse und die Ergebnisse insgesamt zusammen. Dies beinhaltet die Ableitung relevanter Schlussfolgerungen sowie Handlungsempfehlungen für die Landwirte und Versicherungsunternehmen bzw. Spezialmakler. Auf Basis einer methodenkritischen Betrachtung durch die Darlegung der Vorteile und Grenzen der verwendeten Methodik lässt sich der zukünftige Forschungsbedarf herleiten.

2 Grundlegende Methoden des quantitativen Risikomanagements

Den theoretischen Hintergrund dieser Arbeit bilden die grundlegenden Ablaufschritte des quantitativen Risikomanagements⁴ (siehe Abb. 1).

Abb. 1: Ablaufschritte des quantitativen Risikomanagements



Quelle: Verändert nach Mußhoff und Hirschauer (2016: 406 und 466).

⁴ Grundsätzlich wird zwischen qualitativem und quantitativem Risikomanagement unterschieden (siehe z. B. Mußhoff und Hirschauer 2016: 374 u. 466). Da diese Studie auf Methoden des quantitativen Risikomanagements fokussiert ist, wird die qualitative Herangehensweise nicht näher dargelegt.

Die Ablaufschritte des quantitativen Risikomanagements umfassen die quantitative Risikoanalyse, auf die in Abschnitt 2.1 näher eingegangen wird, und Methoden zur Entscheidungsfindung unter Risiko bei mehreren Handlungsalternativen. Letztere werden in Abschnitt 2.2 erläutert. Dort werden modellendogene Verfahren, wie das Erwartungsnutzen-Prinzip und das Erwartungswert-Varianz-Kriterium, gegenüber modellexogenen Methoden, wie der parametrischen Risikoprogrammierung, abgegrenzt. Auf dieser Grundlage werden im weiteren Verlauf der Arbeit die bisher durchgeführten Studien zur Bewertung von WIVs eingeordnet und die Auswahl der Methoden, die bei der Fallstudie angewandt werden, erklärt.

2.1 Quantitative Risikoanalyse

2.1.1 Die relevante Erfolgsgröße

Die Grundlage für die Durchführung einer quantitativen Risikoanalyse ist die Festlegung der relevanten Erfolgsgröße, deren Risikoprofil bestimmt werden soll. Die relevante Erfolgsgröße in der landwirtschaftlichen Produktionsprogrammplanung ist i. d. R. der Gesamtdeckungsbeitrag (*GDB*) (vgl. z. B. Mußhoff und Hirschauer 2016: 187ff.). Er entspricht der Summe der Erzeugnisdeckungsbeiträge aller realisierten Produktionsverfahren bzw. Aktivitäten eines Betriebes:

$$GDB = \sum_{j=1}^J DB_j \cdot u_j \quad (1)$$

wobei u_j dem Anbauumfang in Hektar (ha) jedes der J Produktionsverfahren und DB_j dem Deckungsbeitrag je ha jedes realisierten Produktionsverfahrens j entspricht. Den Gewinn zu betrachten ist nicht notwendig, da die fixen Kosten unabhängig von Entscheidungen bezüglich der Änderung des Produktionsprogramms anfallen.

Wird versucht das Risikoreduzierungspotenzial einer Maßnahme anhand der Schwankungen eines untergeordneten Faktors zu messen, vernachlässigt man unter Umständen einen natürlichen Risikoausgleich auf Grund von Portfolioeffekten. Ein solcher Risikoausgleich wird auch als „Natural Hedge“ bezeichnet und resultiert, wenn z. B. Preise und Erträge negativ korreliert sind (Kimura et al. 2010; El Benni und Finger 2014). Klassische Beispiele für einen natürlichen Risikoausgleich finden sich in der Kartoffelproduktion oder der Schweinemast. Beim Anbau von Kartoffeln gehen i. d. R. geringe Erträge mit hohen Preisen einher. Dies führt zu einer Erlösstabilisierung. In der Schweinemast hingegen können die Deckungsbeiträge bei einer positiven Korrelation zwischen den Ferkelpreisen und dem Produktpreis für Schweine stabilisiert werden. Würde sich ein landwirtschaftlicher Entscheidungsträger dafür entscheiden, den Schweinepreis durch eine externe, kostenträchtige Risikomanagementmaßnahme zu stabilisieren, könnte dies sogar zur Erhöhung der Streuung der Deckungsbeiträge führen (Mußhoff und Hirschauer 2016: 343ff.).

Risikomanagement setzt zwar an den einzelnen erfolgsbestimmenden Faktoren – den Risikoquellen – an, der Effekt einer Risikomanagementmaßnahme muss aber an der Volatilität einer relevanten übergeordneten Erfolgsgröße beurteilt werden. Diesem Risikoverständnis folgend

wird in dieser Studie das Risikoreduzierungspotenzial von WIVs anhand der Volatilität des einzelbetrieblichen GDBs gemessen.

2.1.2 Bestimmung des Risikoprofils

Nach der Identifizierung der relevanten Erfolgsgröße wird deren Verteilung bestimmt. Die Wahrscheinlichkeitsverteilung der relevanten Erfolgsgröße wird auch als Risikoprofil bezeichnet (siehe Schritt 3, Abb. 1).

Analog zu einem Portfolio aus Wertpapieren setzt sich das Produktionsprogramm eines landwirtschaftlichen Betriebes aus verschiedenen Produktionsverfahren bzw. Aktivitäten zusammen (Portfolio). Ausgehend davon ergibt sich die Verteilung der relevanten übergeordneten Erfolgsgröße aus den Verteilungen mehrerer additiv verknüpften, untergeordneten Zufallsvariablen (ZV), den Portfoliokomponenten. Zum Beispiel wird die Volatilität des GDBs durch die Umfänge der Produktionsverfahren sowie die unterschiedliche Höhe und Unsicherheit des Einzeldeckungsbeitrags jedes einzelnen Produktionsverfahrens determiniert. Dementsprechend beeinflussen sie die Volatilität des GDBs in unterschiedlichem Ausmaß. Risikomanagementinstrumente, wie WIV, sind weitere mögliche Portfoliokomponenten (Mußhoff und Hirschauer 2016: 413).

Zur Bestimmung des Risikoprofils können die in Tab. 1 dargestellten Methoden genutzt werden. Man unterscheidet sowohl zwischen analytischen und numerischen Verfahren als auch zwischen nicht-parametrischen und parametrischen Verfahren.

Tab. 1: Methoden zur Bestimmung des Risikoprofils

	Nicht-parametrisch	Parametrisch
Analytisch	–	Varianz-Kovarianz-Methode <u>Anwendungsvoraussetzung:</u> Normalverteilung aller ZV (hinreichende Bedingung, keine notwendige) ⁵ , parametrische Verteilungsinformationen aller ZV
Numerisch	Historische Simulation: <u>Anwendungsvoraussetzung:</u> Empirisch beobachtete Werte aller ZV	Stochastische Simulation <u>Anwendungsvoraussetzung:</u> Beliebige parametrische Verteilungen für alle ZV

Quelle: Verändert nach Mußhoff und Hirschauer 2016: 413.

Nicht-parametrische Verfahren nutzen erhobene, historische Werte und deren empirische Verteilungen, die sich nicht durch Verteilungsparameter wie den Erwartungswert oder die Standardabweichung eindeutig beschreiben lassen. Demgegenüber bilden geschätzte Verteilungen die Grundlage parametrischer Verfahren. Diese geschätzten Verteilungen lassen sich eindeutig durch zugehörige Parameter charakterisieren. Unter analytischen Verfahren werden Methoden verstanden, die auf geschlossenen Formeln basieren. Numerische Verfahren hingegen bestehen aus Simulationen (Mußhoff und Hirschauer 2016: 413).

⁵ Die Varianz-Kovarianz-Methode kann auch bei nicht normalverteilten ZV angewandt werden und damit die Portfoliovarianz in solchen Fällen (zumindest annähernd korrekt) bestimmt werden (Markowitz 2014).

Zur Bestimmung der Verteilung der Erfolgsgröße können die historische Simulation, die Varianz-Kovarianz-Methode und die stochastische Simulation genutzt werden (stochastisches Modell, siehe Schritt 3, Abb. 1). Im Lichte der Daten wird mit Hilfe dieser Methoden die plausibelste Wahrscheinlichkeitsverteilung identifiziert. Im Folgenden werden die historische Simulation sowie die Varianz-Kovarianz-Methode ausführlicher beschrieben, da diese die Grundlage für die nachfolgende Analyse sind (Mußhoff und Hirschauer 2016: 413).

Historische Simulation

Die historische Simulation ist ein numerisches, nicht-parametrisches Verfahren. Bei dieser Methode werden empirische Stichprobenverteilungen genutzt, um das Risikoprofil der Erfolgsgröße zu bestimmen. Dabei wird die Veränderung der Werte dieser Größe bei unterschiedlicher Ausprägung der erfolgsbestimmenden Faktoren analysiert. Ein Beispiel wäre zu untersuchen, wie sich der einzelbetriebliche GDB in der Vergangenheit verändert hätte, wenn sich ein Landwirt für den Einsatz eines Risikomanagementinstruments entschieden hätte. Die historische Simulation bezeichnet man deshalb auch als Was-Wäre-Gewesen-Wenn-Analyse. Die Werte der Erfolgsgröße werden direkt aus den empirischen Werten der untergeordneten ZV kalkuliert und dann durch eine kumulierte relative Häufigkeitsverteilung dargestellt (Mußhoff und Hirschauer 2016: 413f.). Der Ablauf ist wie folgt:

1. Identifizierung der risikobehafteten, untergeordneten ZV (Portfoliokomponenten)
2. Erhebung von Daten für die untergeordneten ZV (Zeitreihen)
3. Kalkulation der übergeordneten Erfolgsgröße (Wert des Portfolios) anhand der in 2. erhobenen Daten zu unterschiedlichen, vergangenen Zeitpunkten
4. Darstellung des Risikoprofils des Portfolios durch eine kumulierte relative Häufigkeitsverteilung der Erfolgsgröße

Varianz-Kovarianz-Methode

Im Gegensatz zur historischen Simulation ist die Varianz-Kovarianz-Methode ein analytisches, parametrisches Verfahren, dessen Wurzeln in Markowitz' Portfoliotheorie (1952) zu finden sind. Zur Anwendung dieses Verfahrens sind Informationen zu Erwartungswerten, Varianzen und Kovarianzen der ZV notwendig. Alternativ kann auch eine Schätzung aus historischen Daten erfolgen. Grundlage der Varianz-Kovarianz-Methode sind nicht empirische, sondern geschätzte parametrische Verteilungen für die untergeordneten ZV (Mußhoff und Hirschauer 2016: 416f.).

In dieser Arbeit ist das Portfolio das Produktionsprogramm und die ZV entsprechen den Einzeldeckungsbeiträgen DB_j der Produktionsverfahren J . Der Erwartungswert der Erfolgsgröße $E(GDB)$ bzw. μ_{GDB} errechnet sich gemäß folgender Gleichung:

$$E(GDB) = \mu_{GDB} = \sum_{j=1}^J E(DB_j) \cdot u_j = \sum_{j=1}^J \mu_j \cdot u_j \quad (2)$$

$E(DB_j)$ entsprechen den erwarteten Einzeldeckungsbeiträgen und u_j den Portfoliogewichten der Portfoliokomponenten. Eine allgemeine Formulierung dieser Gleichung findet sich auch in

Markowitz (1952) oder Hardaker et al. (1997: 130).

Die Varianz eines Portfolios und damit die Varianz V der relevanten Erfolgsgröße GDB , auch als σ_{GDB}^2 bezeichnet, wird bei J Produktionsverfahren folgendermaßen berechnet:

$$V(GDB) = \sigma_{GDB}^2 = \sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^J u_j \cdot u_l \cdot \sigma_j \cdot \sigma_l \cdot \rho_{j,l} \quad (3)$$

wobei σ_j die Standardabweichung und $\rho_{j,l}$ die Korrelation der Einzeldeckungsbeiträge der Produktionsverfahren beschreiben (vgl. Markowitz 1952; Hardaker et al. 2015: 130).

Beide Methoden haben sowohl Vor- als auch Nachteile. Der Vorteil der historischen Simulation gegenüber der Varianz-Kovarianz-Methode ist ihre gute Implementierbarkeit auf verschiedene Datengrundlagen (Dowd 2002: 66). Ferner müssen durch die Nutzung der empirischen Verteilung keine Verteilungsannahmen getroffen und keine parametrischen Verteilungsinformationen der zugrundeliegenden ZV geschätzt werden (Dempster 2002: 21). Nachteilig ist, dass jeder Datenpunkt einer Zeitreihe zu gleichen Teilen berücksichtigt wird, d. h. vergangene Ereignisse werden gleich gewichtet wie aktuelle Ereignisse (Dowd 2002: 67). Des Weiteren bedarf es hinreichend langer Datenreihen. Es gilt: je länger die Zeitreihe, desto höher der Informationsgehalt über die Verteilung der ZV (Saita 2007: 47). An dieser Stelle kommen die Vorteile der Varianz-Kovarianz-Methode zum Tragen: die Schätzung der parametrischen Verteilungen für die ZV durch eine Zeitreihenanalyse ermöglicht es, präzise Informationen aus den gegebenen Datenreihen abzuleiten oder aktuelle Beobachtungen stärker zu gewichten als vergangene (Dempster 2002: 22f.). Allerdings gilt auch hier: je länger die Datenreihe, desto mehr Informationen sind verfügbar. Ein weiterer Nachteil ist die Unterstellung normalverteilter ZV. Davon ist nicht immer auszugehen. Zudem werden die ermittelten Korrelationen als stabil über die Zeit angenommen. Auch diese Annahme ist nicht auf jedes Portfolio übertragbar (Damodaran 2008: 217; Dempster 2002: 22f.).

2.1.3 Maßzahlen zur Messung des Risikos

Zur Messung des Risikos kann auf verschiedene Maßzahlen zurückgegriffen werden. Auf einige Risikomaße, die im weiteren Verlauf der Arbeit relevant sein werden, wird an dieser Stelle detailliert eingegangen.

Ist die Erfolgsgröße normalverteilt, kann die Varianz, das zweite Moment einer Verteilung und das wichtigste Streuungsmaß, genutzt werden. Die Varianz bemisst die Streuung der Realisationen der Erfolgsgröße um den Mittelwert und damit die Volatilität der Erfolgsgröße. Dabei wird die gesamte Verteilung berücksichtigt.

Im Rahmen einer historischen Simulation würde die Varianz V der relevanten Erfolgsgröße basierend auf den GDB_i , die für bestimmte Zeitpunkte i ermittelt wurden, nach Hedderich und Sachs (2016: 89) wie folgt berechnet werden:

$$V(GDB) = \sigma_{GDB}^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (GDB_i - \overline{GDB})^2 \quad (4)$$

Bei der Varianz-Kovarianz-Methode ist die Varianz in Form der Portfoliovarianz von besonderer Bedeutung (siehe Formel 3, Abschnitt 2.1.2). Hierbei werden parametrische Verteilungsinformationen geschätzt, die zur Berechnung der Portfoliovarianz verwendet werden.

Da die Einheit der Varianz und die Einheit der risikobehafteten Erfolgsgröße durch das Quadrieren voneinander abweichen, wird häufig auf die Standardabweichung σ zurückgegriffen.

$$\sigma(GDB) = \sqrt{V(GDB)} \quad (5)$$

Allerdings wird bei der Varianz bzw. Standardabweichung nicht zwischen positiven und negativen Abweichungen vom Mittelwert unterschieden. Das bedeutet, auch erwünschte Abweichungen vom Mittelwert tragen zum Erfolgsrisiko bei. Zudem kommt die Varianz primär für die Beschreibung symmetrischer Verteilungen infrage, da mit zunehmender Schiefe der Verteilung die Verwendung der Varianz zu ungenaueren Ergebnissen führt. Ausschließlich Normalverteilungen können durch den Erwartungswert und die Varianz vollständig beschrieben werden (von Auer 2007: 34). Ist die relevante Erfolgsgröße nicht normalverteilt oder liegt das Interesse besonders auf den negativen Abweichungen von einem festgelegten Wert, kann auf andere Streuungsmaße zurückgegriffen werden. Eine Möglichkeit ist die Nutzung von Lower-Partial-Moment-Maßen (LPM-Maße), die sich auf einen bestimmten Verteilungsbereich beziehen (vgl. z. B. Bawa 1975; Fishburn 1977; Bawa 1978; Harlow und Rao 1989; Jorion 2007: 113f.).

2.2 Entscheidungsfindung unter Berücksichtigung des Risikos

Annahmegemäß hat ein Landwirt die Wahl zwischen verschiedenen Handlungsalternativen, deren Umsetzung jeweils mit einem unterschiedlich hohen Risiko verbunden ist. Im Folgenden werden verschiedene modellendogene und modellexogene Methoden zur Entscheidungsfindung unter Berücksichtigung von Risiko vorgestellt.

2.2.1 Modellendogen – das EU-Prinzip

Eine modellendogene Methode zur Entscheidungsfindung ist das Erwartungsnutzen-Prinzip (EU-Prinzip). Dieses Verfahren fußt auf dem Ansatz von Bernoulli (1738) zur Lösung des Sankt-Petersburg Paradoxon⁶ und wurde durch von Neumann und Morgenstern (1947) axiomatisch fundiert. Das EU-Prinzip geht von einem rationalen Entscheidungsträger und der Erfüllung der Rationalitätsaxiome Kontinuität, Vollständigkeit, Transitivität, Dominanz und Unabhängigkeit⁷ aus. Eine Entscheidung wird in drei Schritten getroffen:

1. Bestimmung des Risikoprofils der Erfolgsgröße
2. Ermittlung einer Nutzenfunktion U für den rationalen Entscheidungsträger mit dem Ziel der Gewinnmaximierung. Auf der Basis dieser Nutzenfunktion entspricht jedes mögliche Ergebnis einem kardinalen Nutzenwert.

⁶ Zur Erläuterung des Sankt-Petersburg-Paradoxon siehe Zweifel und Eisen (2003: 43).

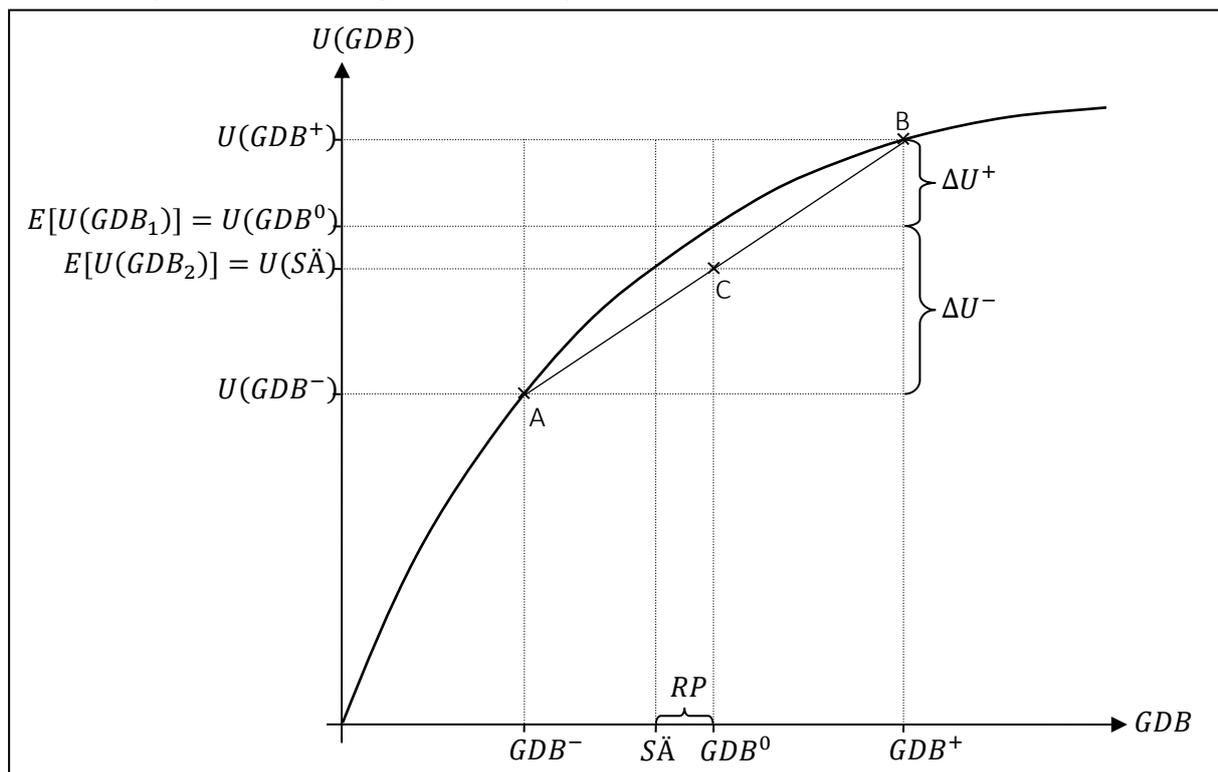
⁷ Eine ausführliche Erläuterung kann in Spremann (2008: 374f.) nachgelesen werden.

3. Verknüpfung der Nutzenfunktion⁸ mit der Verteilungsinformation der Erfolgsgröße GDB: Dazu wird der Erwartungsnutzen (= Erwartungswert des Nutzens) verschiedener Handlungsalternativen $E[U(GDB_s)]$ berechnet. Für jede Handlungsalternative HA_s wird die Summe der mit der Eintrittswahrscheinlichkeit P jedes Ereignisses m gewichteten, einzelnen Nutzenwerte $U(GDB_{s,m})$ gebildet. Diejenige Handlungsalternative ist zu wählen, deren Erwartungsnutzen am höchsten ist. Formell lässt sich das Entscheidungsproblem über das Maximum einer Präferenzfunktion $\emptyset (HA_s)$ folgendermaßen formulieren:

$$\max_{HA_s} \emptyset (HA_s) = \max_{HA_s} E[U(GDB_s)] = \max_{HA_s} \left(\sum_{m=1}^M U(GDB_{s,m}) \cdot P_m \right), \text{ mit } \sum_{m=1}^M P_m = 1 \quad (6)$$

Ziel ist es, die Menge an Handlungsalternativen in einer Entscheidungssituation unter Risiko durch die Maximierung des Erwartungsnutzens in eine eindeutige Rangfolge zu bringen. Der Erwartungsnutzen entspricht dem Präferenzwert einer Handlungsalternative (Mußhoff und Hirschauer 2016: 439ff.). Abb. 2 stellt das Erwartungsnutzen-Prinzip unter Annahme eines risikoaversen Entscheidungsträgers graphisch dar.

Abb. 2: Graphische Herleitung des EU-Prinzips¹⁾



¹⁾ Sichere Handlungsalternative 1 mit $E(GDB_1) = GDB^0$; unsichere Handlungsalternative 2 mit zwei gleichwahrscheinlichen Ergebnissen GDB^- und GDB^+ sowie $E(GDB_2) = GDB^0$.

Quelle: Verändert nach Moss (2010: 64 und 86) und Mußhoff und Hirschauer (2016: 442).

⁸ Die Nutzenfunktion wird auch als Risikonutzenfunktion bezeichnet, da anhand ihres Verlaufs auf die Risikoeinstellung eines Entscheidungsträgers geschlossen werden kann. Ein konkaver Verlauf spiegelt Risikoaversion wieder, ein linearer Verlauf entspricht Risikoneutralität und ein konvexer Verlauf impliziert Risikofreude (Chavas 2004: 37; Mußhoff und Hirschauer 2016: 441).

Der Entscheidungsträger hat die Wahl zwischen den Handlungsalternativen 1 und 2. Handlungsalternative 1 resultiert in einem sicheren Wert der Erfolgsgröße GDB^0 . Der Erwartungsnutzen entspricht $E[U(GDB_1)] = U(GDB^0)$. Handlungsalternative 2 führt jeweils mit einer Wahrscheinlichkeit von 50% zu dem Ergebnis GDB^+ oder GDB^- . Der Erwartungsnutzen wird gemäß Gleichung (6) berechnet: $E[U(GDB_2)] = 0,5 \cdot U(GDB^-) + 0,5 \cdot U(GDB^+)$. Zur Bewertung der Handlungsalternativen kann das sogenannte Sicherheitsäquivalent (SÄ) herangezogen werden (siehe Abb. 2). Das SÄ entspricht dem sicheren Betrag, der für einen risikoaversen Entscheidungsträger denselben Nutzen bringt, wie die unsicheren Beträge der zweiten Handlungsalternative mit ihren Eintrittswahrscheinlichkeiten. Ein Vergleich der SÄs verschiedener Alternativen führt zur gleichen Präferenzordnung wie die Gegenüberstellung der Erwartungsnutzen. Die Differenz zwischen dem Erwartungswert der unsicheren Alternative und dem SÄ wird als Risikoprämie (RP) bezeichnet. Die RP entspricht der Zahlungsbereitschaft des risikoaversen Entscheidungsträgers, z. B. für den Einsatz eines Risikomanagementinstruments (Spremann 2008: 475f.; Moss 2010: 64 und 84ff.; Mußhoff und Hirschauer 2016: 441ff.).

Der Zusammenhang zwischen dem Erwartungsnutzen und dem Sicherheitsäquivalent lässt sich algebraisch für eine konkrete Risikonutzenfunktion folgendermaßen beschreiben. Annahm gemäß sei die Risikoeinstellung eines risikoaversen Entscheidungsträgers durch folgende exponentielle Risikonutzenfunktion⁹ $U(GDB)$ mit dem Risikoaversionskoeffizienten λ als Grad für die individuelle Risikoaversion charakterisiert:

$$U(GDB) = \alpha - \beta \cdot e^{-\lambda \cdot GDB} \quad (7)$$

Bei der gegebenen Risikonutzenfunktion lässt sich das Sicherheitsäquivalent $S\ddot{A}$ anhand der Umkehrfunktion von $U(GDB)$ berechnen:

$$GDB(E[U(GDB)]) = -\ln\left(\frac{\alpha - E[U(GDB)]}{\beta}\right) \cdot \frac{1}{\lambda} = S\ddot{A} \quad (8)$$

Zwar hat sich das EU-Prinzip in der Wissenschaft als Benchmark zur Lösung von Problemen bei der Entscheidungsfindung unter Risiko etabliert, allerdings wird dessen Anwendung auch kritisch gesehen (vgl. z. B. Rabin und Thaler 2001). Die Risikonutzenfunktion ist für den jeweiligen Entscheidungsträger, wie Hudson et al. (2005) zeigen, empirisch schwer zu bestimmen. Das gilt für die Form und die Parameter der Risikonutzenfunktion. Beispielhaft dafür steht die Bestimmung des Risikoaversionskoeffizienten λ (vgl. z. B. Rabin und Thaler 2001).

2.2.2 Modellendogen – das EV-Kriterium

Ein Instrument, das zur gleichen Rangfolge der Handlungsalternativen führt wie das EU-Prinzip, ist das Erwartungswert-Varianz-Kriterium (EV-Kriterium). Neben dem Erwartungswert einer Handlungsalternative wird hier das Risiko über die Varianz einbezogen (Mußhoff und Hirsch-

⁹ Die dargestellte Risikonutzenfunktion ist eine von mehreren möglichen Darstellungen. Die Eigenschaften verschiedener Risikonutzenfunktionen risikoaverser Entscheidungsträger werden ausführlich in Mußhoff und Hirschauer (2016: 444) behandelt.

auer 2016: 449). In der Literatur werden folgende Bedingungen genannt, die bei der Anwendung des EV-Kriteriums erfüllt sein müssen, um zur gleichen Rangfolge der Handlungsalternativen zu gelangen:

1. Die Risikonutzenfunktion des Entscheidungsträgers ist quadratisch oder
2. die Risikonutzenfunktion ist exponentiell und die Erfolgsgröße normalverteilt (vgl. z. B. Feldstein 1969; Fung und Hsieh 1999). Wird eine exponentielle Risikonutzenfunktion und Normalverteilung der Erfolgsgröße unterstellt, ergibt die folgende Funktion dasselbe SÄ und damit die gleiche Präferenzordnung wie das EU-Prinzip:¹⁰

$$\emptyset (HA_s) = S\ddot{A} = E(GDB) - RP = \mu_{GDB} - 0,5 \cdot \lambda \cdot \sigma_{GDB}^2 = \sum_{j=1}^J \mu_j \cdot u_j - 0,5 \cdot \lambda \cdot \sigma_{GDB}^2 \quad (9)$$

Der Präferenzwert $\emptyset (HA_s)$ ist gleich dem Sicherheitsäquivalent $S\ddot{A}$ der einzelnen Handlungsalternativen. Dieses ergibt sich aus dem Erwartungswert der Erfolgsgröße μ_{GDB} , dem Risiko der Erfolgsgröße σ_{GDB}^2 und dem Risikoaversionskoeffizienten λ . Optimal ist die Alternative mit dem maximalen Präferenzwert (Spremann 2008: 382ff.; Mußhoff und Hirschauer 2016: 449).

Muss sich ein Entscheidungsträger zwischen sehr vielen bis unendlich vielen Handlungsalternativen entscheiden, kann statt der Bestimmung der optimalen Handlungsalternative anhand des maximalen Präferenzwertes das Konzept der Risikoeffizienzlinie genutzt werden. Mit dessen Hilfe kann beispielsweise ein landwirtschaftlicher Entscheidungsträger aus vielen möglichen Produktionsprogrammen (Kombinationen realisierbarer Produktionsverfahren) diejenigen ermitteln, die risikoeffizient sind. Risikoeffizient sind alle Lösungen mit bestmöglichen μ - σ^2 -Kombinationen. Effiziente Alternativen haben entweder einen höheren Erwartungswert bei gleichem Risiko oder einen gleichen Erwartungswert bei geringerem Risiko. Zur Bestimmung der Varianz wird auf die Portfoliovarianz, die gemäß der Varianz-Kovarianz-Methode berechnet wird (siehe Gleichung (3) in Abschnitt 2.1.2), zurückgegriffen. Auch die von der Portfoliovarianz abgeleitete Standardabweichung σ kann genutzt werden (Hardaker et al. 2015: 130f.; Mußhoff und Hirschauer 2016: 451ff.). Das EV-Kriterium wird deshalb auch als μ - σ -Kriterium bezeichnet.

Ist neben der Risikoeffizienzlinie die individuelle Risikoeinstellung des Entscheidungsträgers bekannt, kann im Rahmen des EV-Kriteriums modellendogen aus allen risikoeffizienten Lösungen die für den Entscheidungsträger optimale Lösung ermittelt werden, bei der das Sicherheitsäquivalent maximal ist. Das folgende Beispiel verdeutlicht die Ermittlung des optimalen Produktionsprogramms mit Hilfe eines quadratischen Optimierungsansatzes für einen risikoaversen landwirtschaftlichen Entscheidungsträger mit bekanntem Risikoaversionskoeffizienten λ . Ziel ist die Maximierung des SÄs:

¹⁰ Von der Darstellung der Präferenzfunktion im Falle einer quadratischen Risikonutzenfunktion wird im Rahmen dieser Arbeit abgesehen, da diese im weiteren Verlauf nicht relevant ist.

$$\max_{u_j} \overline{S\ddot{A}} = \max_{u_j} (\mu_{GDB} - 0,5 \cdot \lambda \cdot \sigma_{GDB}^2) = \max_{u_j} \left(\sum_{j=1}^J \mu_j \cdot u_j - 0,5 \cdot \lambda \cdot \sigma_{GDB}^2 \right) \quad (10)$$

unter Berücksichtigung folgender Restriktionen:

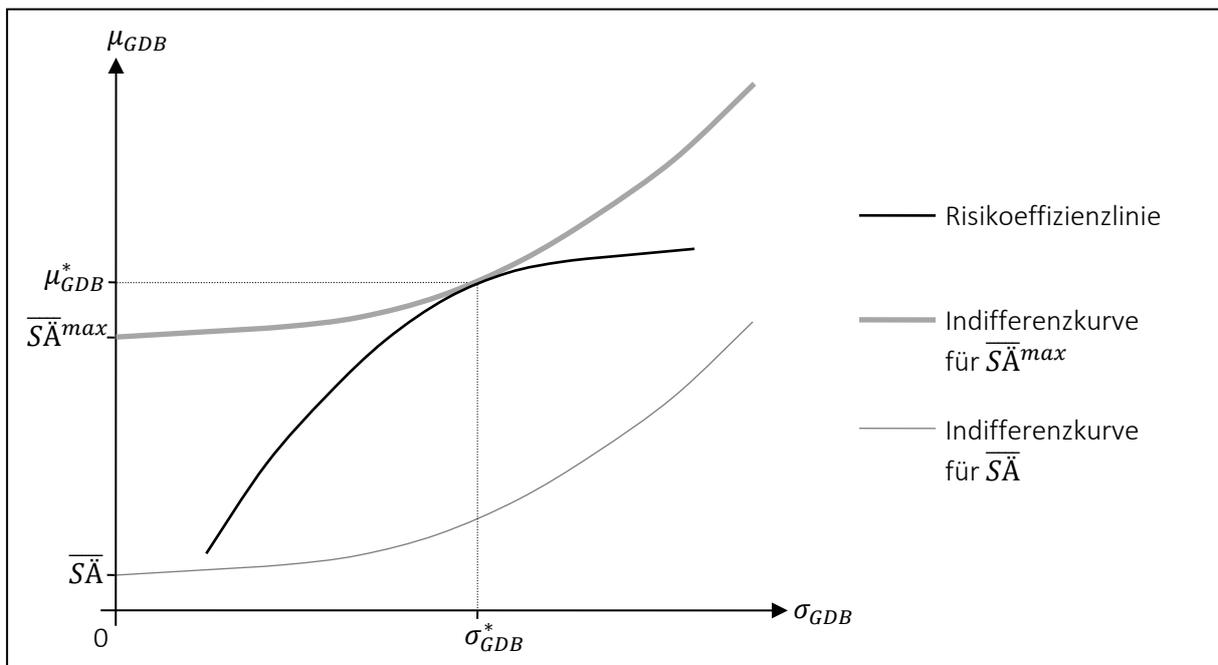
$$\sum_{j=1}^J b_{i,j} \cdot u_j \leq c_i, \text{ für } i = 1, 2, \dots, I$$

$$u_j \geq 0, \text{ für } j = 1, 2, \dots, J$$

Die Umfänge der realisierbaren Produktionsverfahren u_j werden unter Berücksichtigung der beschriebenen Nebenbedingungen so bestimmt, dass das Sicherheitsäquivalent maximal wird. μ_{GDB} und σ_{GDB}^2 entsprechen dabei dem Erwartungswert und der Varianz der übergeordneten Erfolgsgröße, dem GDB. c_i ist die einzelbetriebliche Kapazitätsausstattung und $b_{i,j}$ sind die Faktoransprüche der einzelnen Produktionsverfahren j an die Kapazität i (Hardaker et al. 2015: 161f.; Mußhoff und Hirschauer 2016: 457). Ein solches quadratisches Optimierungsproblem wurde in ähnlicher Form erstmals durch Freund im Jahr 1956 auf einen landwirtschaftlichen Betrieb übertragen.

Graphisch ausgedrückt, liegt das optimale Produktionsprogramm, das sich analytisch durch die Maximierung des Sicherheitsäquivalents ergibt, am Tangentialpunkt der Risikoeffizienzlinie und der Indifferenzkurve des Entscheidungsträgers¹¹ (Indifferenzkurve für $\overline{S\ddot{A}}^{max}$, siehe Abb. 3).

Abb. 3: Bestimmung des Optimums mit Hilfe von Indifferenzkurve und Risikoeffizienzlinie



Quelle: Verändert nach Mußhoff und Hirschauer (2016: 455).

¹¹ Eine Indifferenzkurve entspricht den Kombinationen aus Erwartungswert und Risiko, die dem Entscheidungsträger denselben Nutzen stiften. Der Entscheidungsträger ist somit indifferent (Mußhoff und Hirschauer 2016: 339).

2.2.3 Modellexogen – Parametrische Risikoprogrammierung

Genauso wie bei der Anwendung des EU-Prinzips muss für die Verwendung des EV-Kriteriums jedoch die individuelle Risikonutzenfunktion konkret spezifiziert werden. Die Bestimmung der individuellen Risikoeinstellung eines Entscheiders ist aber, wie bereits beschrieben, sehr komplex. Folglich ist bei unbekanntem Risikoaversionskoeffizienten eine modellendogene Entscheidungsfindung mit Hilfe des EV-Kriteriums nicht praktikierbar. Alternativ kann man sich auf die Bestimmung der Risikoeffizienzlinie beschränken. Dazu wird zunächst die Risikoeffizienzlinie approximiert, in dem ein Optimierungsproblem (formulierbar als Maximierungs- oder Minimierungsproblem) parametrisiert und wiederholt gelöst wird. Aus den daraus resultierenden risikoeffizienten Lösungen kann der Entscheidungsträger, entsprechend seiner Risikoeinstellung, modellexogen die optimale Handlungsalternative wählen (Hardaker et al. 2015: 162ff.; Mußhoff und Hirschauer 2016: 457f.). Diese Vorgehensweise wird als parametrische Risikoprogrammierung bezeichnet.

Im Falle eines landwirtschaftlichen Entscheidungsträgers wäre das Optimierungsproblem zur Bestimmung des optimalen Produktionsprogramms am Beispiel des Ziels „Maximierung des erwarteten GDBs“ unter Rückgriff auf die Varianz-Kovarianz-Methode (siehe Abschnitt 2.1.2) folgendermaßen zu lösen:

$$\max_{u_j} \mu_{GDB} = \max_{u_j} \left(\sum_{j=1}^J \mu_j \cdot u_j \right) \quad (11)$$

Zusätzlich zu den unter Gleichung (10) aufgeführten Restriktionen gilt die folgende Nebenbedingung:

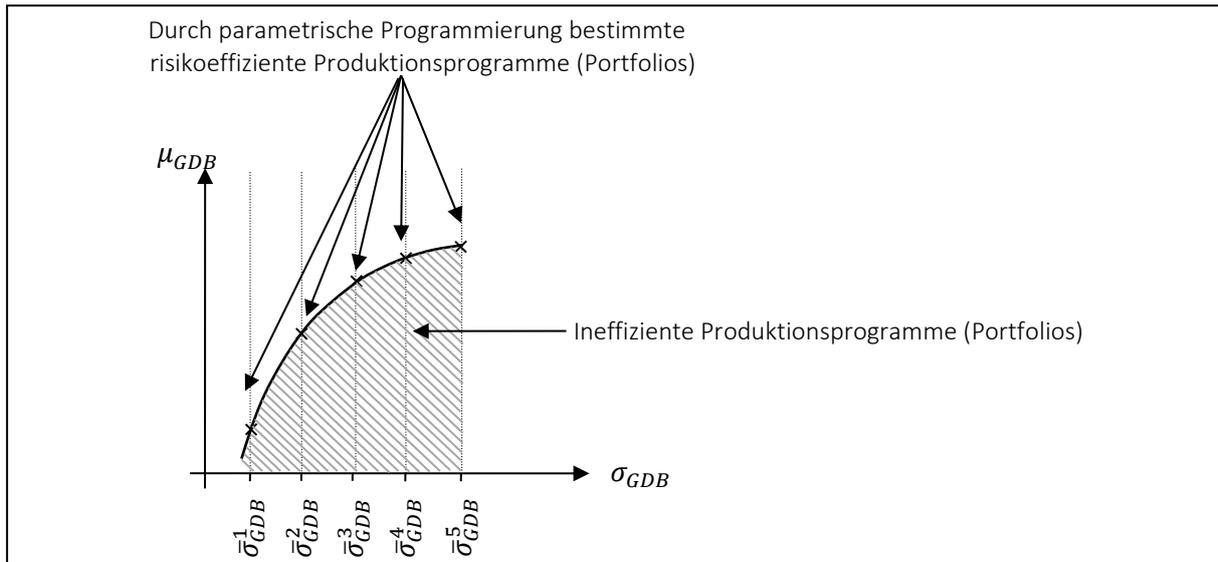
$$\sigma_{GDB} \leq \bar{\sigma}_{GDB}$$

(Chavas 2004: 112f. und 115f.; Mußhoff und Hirschauer 2016: 458). Dabei entspricht μ_{GDB} dem Erwartungswert des GDBs, u_j den Umfängen und μ_j den erwarteten Einzeldeckungsbeiträgen der Produktionsverfahren J . σ_{GDB} entspricht der Standardabweichung des GDBs, die unter Rückgriff der in Abschnitt 2.1.2 dargestellten Formel der Portfoliovarianz (Formel (3)) ermittelt wird:

$$\sigma_{GDB} = \left(\sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^J u_j \cdot u_l \cdot \sigma_j \cdot \sigma_l \cdot \rho_{j,l} \right)^{0,5} \quad (12)$$

Dabei beschreibt σ_j die Standardabweichung und $\rho_{j,l}$ die Korrelation der Einzeldeckungsbeiträge der Produktionsverfahren. $\bar{\sigma}_{GDB}$ ist die Obergrenze für diese Standardabweichung, die bei der Optimierung vorgegeben ist. Im oben genannten Beispiel wird die Risikoeffizienzlinie durch die Parametrisierung von $\bar{\sigma}_{GDB}$ und wiederholte Lösung des Optimierungsproblems bestimmt (siehe Abb. 4). Die Entscheidungsvariablen sind die Umfänge der Produktionsverfahren u_j .

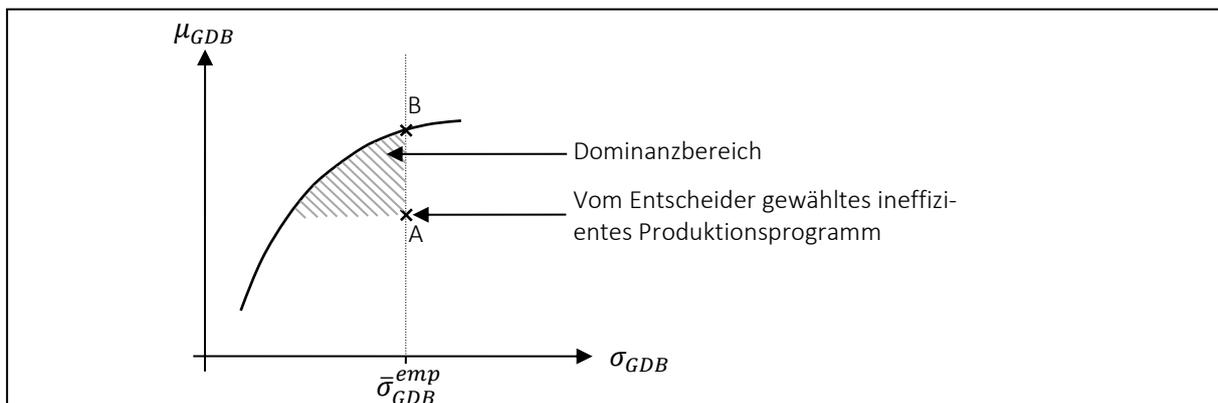
Abb. 4: Bestimmung der Risikoeffizienzlinie durch Parametrisierung



Quelle: Verändert nach Mußhoff und Hirschauer (2016: 458).

Für den Entscheidungsträger kann es dennoch nicht möglich sein, aus den risikoeffizienten Lösungen das Produktionsprogramm zu wählen, welches seiner Risikopräferenz entspricht. Eine Alternative ist die Nutzung der empirischen Standardabweichung des GDBs $\bar{\sigma}_{GDB}^{emp}$, die durch den Entscheidungsträger bisher in Kauf genommen wurde, um ein Produktionsprogramm zu wählen (siehe Abb. 5). $\bar{\sigma}_{GDB}^{emp}$ wird anhand des vom Landwirt intuitiv geplanten und realisierten Produktionsprogramms berechnet. Hierbei handelt es sich um den Dominanzansatz (Mußhoff und Hirschauer 2016: 459). Bei diesem Ansatz spiegelt das implizit akzeptierte Risiko annahm gemäß die Risikoeinstellung des Entscheiders und damit seine Präferenzen wider. Auf dieser Grundlage wird dem Entscheidungsträger auch ohne das Wissen über seine konkrete Risikoeinstellung eine Entscheidungshilfe gegeben. Zuerst werden, unter Rückgriff auf das tatsächlich durchgeführte und intuitiv geplante Produktionsprogramm, der damit erzielte GDB und die empirische Standardabweichung des GDBs ermittelt (Abb. 5, Punkt A). Danach erfolgt statt der vorher durchgeführten Parametrisierung von $\bar{\sigma}_{GDB}$ die Lösung des in Gleichung (11) beschriebenen Optimierungsproblems unter Berücksichtigung von $\bar{\sigma}_{GDB}^{emp}$. Anhand dessen ergibt sich ein Produktionsprogramm, das bei gleicher Standardabweichung in einem höheren erwarteten GDB resultiert (Punkt B) (Chavas 2004: 113; Mußhoff und Hirschauer 2016: 459).

Abb. 5: Graphische Darstellung des Dominanzansatzes



Quelle: Verändert nach Chavas (2004: 114) und Mußhoff und Hirschauer (2016: 459).

2.2.4 Modellexogen – Bestimmung der Hedgingeffektivität

Neben der parametrischen Risikoprogrammierung ist die Bestimmung der HE eines Risikomanagementinstruments eine weitere Möglichkeit zur modellexogenen Entscheidungsfindung. Kennt ein Landwirt die HE, kann er diese zur Hilfe nehmen, um sich entsprechend seiner individuellen Risikoeinstellung für oder gegen eine Risikomanagementstrategie zu entscheiden.

Unter der HE eines Risikomanagementinstruments wird dessen Potenzial, das Erfolgsrisiko zu reduzieren, verstanden (Golden et al. 2007; Ederington 1979). Für die folgende Analyse wird die HE allgemein als prozentuale Änderung der Volatilität der Erfolgsgröße ohne und mit Risikomanagementinstrument definiert. Zur Berechnung der HE kann eines der in Abschnitt 2.1.3 beschriebenen Risikomaße (RM) zur Quantifizierung des Erfolgsrisikos genutzt oder die Ergebnisse aus der Risikoprogrammierung verwendet werden. Sie wird folgendermaßen ermittelt:

$$HE = \frac{RM_{ohne} - RM_{mit}}{RM_{ohne}} \quad (13)$$

(vgl. z. B. Golden et al. 2007; Pelka et al. 2014). Eine positive HE bedeutet innerhalb dieser Arbeit eine Risikoreduzierung, eine negative HE hingegen eine Erhöhung der Volatilität.

An dieser Stelle ist die Effektivität gegenüber der ökonomischen Effizienz eines Instruments abzugrenzen. Während die HE ausschließlich das Risikoreduzierungspotenzial beschreibt, werden bei der Bestimmung der ökonomischen Effizienz Kosten und Leistungen berücksichtigt. Gegenüber einer WIV basierend auf einem komplexen Index, der mit einem größeren statistischen Aufwand konstruiert wurde, weisen WIVs, denen ein einfacher Index zugrunde liegt, unter Umständen ein geringes Risikoreduzierungspotenzial auf. Allerdings ist der Aufpreis auf die versicherungsmathematisch faire Prämie¹² niedriger und somit auch der Gesamtpreis. Dies ist auf die geringeren Transaktionskosten zurückzuführen, die mit der einfachen Konstruktion des Index verbunden sind. Ist die HE sehr gering, handelt es sich bei dem analysierten Instrument also nicht zwangsläufig um eine „schlechte“ Risikomanagementmaßnahme. Das Gegenteil könnte der Fall sein: bei geringem Preis können WIVs mit geringer positiver HE sehr effiziente Risikomanagementinstrumente darstellen (Hirschauer und Mußhoff 2008b).

Teil B: Stand der Forschung und empirische Analyse

3 Studien zur Bewertung von WIVs

Diverse Studien setzten sich bereits mit der Bewertung von WIVs für das Risikomanagement in Agrarbetrieben auseinander. Die Einordnung dieser Studien ist nach folgenden Hauptcharakteristika möglich: (i) die berücksichtigte Risikoquelle, (ii) die Typen des Designs von WIVs, (iii) die Realitätsnähe der Betriebsmodelle, (iv) die Untersuchungsregion und die Kontraktstruktur.

¹² Unter der versicherungsmathematisch fairen Prämie wird die durchschnittlich zu erwartende Auszahlung („Versicherungsleistung“) verstanden. Entspricht der Preis der Versicherung der fairen Prämie, handelt es sich um ein einkommensneutrales Risikomanagementinstrument. Kosten fallen für den Versicherungsnehmer alleinig durch den Aufpreis, den ein Versicherer zusätzlich zur fairen Prämie erheben kann, an (Jewson und Brix 2005: 61f.).

Ad (i): Viele Studien gehen von einem *Einproduktunternehmen* aus und berücksichtigen lediglich eine Risikoquelle. Exemplarisch dafür steht die Fokussierung auf Ertragsschwankungen (vgl. z. B. Turvey 2001; Torriani et al. 2008; Heimfahrth et al. 2012). Die Wirkung von WIVs wird in diesen Studien anhand der Veränderung der Schwankungen der (Norm-)Erlöse einer bestimmten Kultur gemessen (vgl. z. B. Vedenov und Barnett 2004; Berg und Schmitz 2008; Heimfahrth et al. 2012; Kapphan 2012; Sun et al. 2014; Adeyinka et al. 2016). Die Normerlöse sind hierbei die mit konstanten Preisen bewerteten Winterweizenerträge (vgl. z. B. Heimfahrth et al. 2012). Diese methodische Herangehensweise hat zwingenderweise zur Folge, dass man von den mannigfaltigen Interdependenzen der verschiedenen Einflussgrößen im System „Unternehmen“ abstrahiert. Die unterschiedlichen Risikoquellen, die zusammen das Erfolgsrisiko eines Betriebes bestimmen, bleiben unberücksichtigt. Demgegenüber nehmen wenige Studien eine *gesamtbetriebliche Perspektive* ein, wie sie auch Binswanger-Mhkize (2012) fordert, und bestimmen die gesamtbetriebliche HE von WIVs. Der Fokus liegt hauptsächlich auf deutschen Betrieben. Diese Studien analysieren das Potenzial von WIVs zur Reduzierung des gesamtbetrieblichen Erfolgsrisikos. Das Erfolgsrisiko entspricht beispielsweise der Volatilität des GDBs (vgl. z. B. Hirschauer und Mußhoff 2008a; Mußhoff et al. 2008; Kellner und Mußhoff 2011; Schulte-Geers und Berg 2011; Buchholz und Mußhoff 2014).

Ad (ii): Die WIVs, die in bisherigen Studien konzipiert und analysiert wurden, können in zwei Klassen eingeteilt werden: *standardisierte* („non-customized“) und *betriebspezifische* („customized“) Verträge. In beiden Fällen konzentrieren sich die Studien auf fiktive Verträge, die von den Autoren selbst konstruiert wurden. Reale Marktangebote in Deutschland wurden bisher noch nicht erforscht. Für das Design standardisierter Kontrakte werden allgemeine pflanzenbauliche Informationen, wie über den Einfluss verschiedener Umweltbedingungen auf die Pflanzenentwicklung (in kritischen Wachstumsphasen), sowie standortbezogene Informationen genutzt. In das Design solcher WIVs fließen ausschließlich außerbetrieblich gemessene Wetterdaten oder hydrologische Daten ein. Die standortbezogenen Informationen werden zur Ermittlung der nächstgelegenen Wetterstation genutzt. Die zu einem Betrieb nächstgelegene Wetterstation wird gewählt, um das geographische Basisrisiko zu minimieren (siehe Abschnitt 1.1). Die an der Station gemessenen Wetterdaten werden anschließend zur Konzeption des Indexes genutzt. Darüber hinaus wird ein standardisiertes Strike Level festgelegt. Dieses kann dem arithmetischen Mittel des historischen Indexverlaufs entsprechen (vgl. z. B. Giné et al. 2007; Mußhoff et al. 2008; Heimfahrth et al. 2012; Norton et al. 2012). Die Tatsache, dass die Vertragsgestaltung ohne die Erhebung von Ertragsdaten auskommt, ist ein Vorteil standardisierter Verträge (Collier et al. 2009). Im Gegensatz zu den standardisierten Kontrakten fließen bei betriebspezifischen WIVs neben Wetterdaten oder hydrologischen Daten zusätzlich betriebspezifische Ertragsdaten ein. Zur Identifizierung betriebspezifischer Verträge (in Bezug auf den Index oder das Strike Level) werden verschiedene Formen von „Optimierungsverfahren“ angewandt. Stellvertretend kann die Nutzung linear limitationaler Produktionsfunktionen oder die Anwendung quantiler Regressionsverfahren genannt werden (vgl. z. B. Berg und Schmitz 2008; Conradt et al. 2015a; Dalhaus und Finger 2016; Adeyinka et al. 2016; Dalhaus et

al. 2018). Ziel ist die Reduzierung des herkömmlichen Basisrisikos, d. h. die Erhöhung der „Passgenauigkeit“ der WIV im Sinne einer hohen Korrelation zwischen dem Index und dem einzelbetrieblichen Ertrag.

Nach derzeitigem Kenntnisstand gibt es noch keine Untersuchungen, die eine betriebspezifische Vertragsgestaltung mit Blick auf die Ebene des GDBs vornehmen. Vielmehr wurden bisher ausschließlich Verträge konstruiert und untersucht, die darauf ausgerichtet sind, die betriebspezifischen Normerlöse einzelner Kulturen zu stabilisieren. Dabei gehen die Autoren i. d. R. von einem Einproduktunternehmen aus. Indem die Analyse auf die Schwankungen einer untergeordneten Größe begrenzt wird, kann keine Aussage über die Wirkung solcher WIVs auf die Volatilität des GDBs und damit das Erfolgsrisiko getroffen werden.

Ad (iii): Inwieweit die angewandten Betriebsmodelle, die den Analysen zur Bewertung von WIVs zugrunde liegen, reale betriebliche Bedingungen abbilden, hängt sowohl vom Modell selbst als auch von der Datengrundlage ab. Dabei kann zwischen verschiedenen Ansätzen differenziert werden: Studien, die betriebspezifische Verträge analysieren, beschränken sich überwiegend auf die Ebene des *Einproduktunternehmens* und nutzen *reale einzelbetriebliche Ertragsdaten* wie in Form von Winterweizenertragszeitreihen (vgl. z. B. Conradt et al. 2015b; Dalhaus und Finger 2016). Dieses Betriebsmodell und dieser Datentyp werden auch bei Studien, die standardisierte WIVs analysieren, verwendet (Heimfarrth et al. 2012; Pelka und Musshoff 2013). Darüber hinaus wird mangels Verfügbarkeit einzelbetrieblicher Informationen auf *sekundäre Ertragsdaten* (z. B. Winterweizenerträge auf Kreisebene) oder auf Crop Simulation Models (CSM) zurückgegriffen (vgl. z. B. Stoppa und Hess 2003; Heimfarrth et al. 2012; Kapphan 2012; Elabed et al. 2013; Sun et al. 2014; Adeyinka et al. 2016). Die Verwendung von solchen sekundären Ertragsdaten ist problematisch, da die Schwankungen der (Erfolgs-)Größe durch die Datenaggregation geglättet werden. Verglichen zu einzelbetrieblichen Daten weisen aggregierte Betriebsdaten somit nicht dieselben Schwankungen auf (Debrah und Hall 1989; Rudstrom et al. 2002). Werden Extremwerte durch die Kalkulation des Durchschnitts geglättet und anhand dieser Werte die Wirkung von WIVs analysiert, beeinflusst dies die Analyseergebnisse (vgl. z. B. Heimfarrth et al. 2012).

Einige Studien zu standardisierten WIVs nehmen über die Ebene des Einproduktunternehmens hinaus eine *gesamtbetriebliche Perspektive* ein und analysieren die Wirkung von WIVs auf den GDB. Das Betriebsmodell für diese Analysen ist teilweise anhand *sekundärer Betriebsdaten* entwickelt worden. Exemplarisch sind als Quellen Ministerien, Landwirtschaftskammern oder das Bundessortenamt zu nennen (vgl. z. B. Schmitz 2007; Kellner und Mußhoff 2011; Schulte-Geers und Berg 2011; Buchholz und Mußhoff 2014). Einige wenige Studien erheben *reale gesamtbetriebliche Daten* einzelner Betriebe (vgl. z. B. Mußhoff et al. 2008; Hirschauer und Mußhoff 2008b). Dies ist auf die schwere Zugänglichkeit von gesamtbetrieblichen Informationen zurückzuführen, da es sich hierbei um sensible unternehmerische Angaben handelt. Zudem sind gesamtbetriebliche Daten selten über einen langen Zeitraum (20 Jahre oder mehr) vorhanden (vgl. z. B. Lien et al. 2009). Analysen, basierend auf kurzen Zeitreihen, haben das Problem ausreichende Informationen bezüglich der verschiedenen Faktoren, die das Erfolgsrisiko eines Betriebes mitbestimmen, gewinnen zu können.

Ad (iv): Analysen zu WIVs konzentrieren sich mehrheitlich auf Regionen mit **extremen Standortbedingungen** und insbesondere Regionen, die durch mangelnde Niederschläge oder Dürren charakterisiert sind. Als Beispiel dafür stehen Studien in Indien, Äthiopien oder Niger (vgl. z. B. Hess und Syroka 2005; Barnett und Mahul 2007; Berg et al. 2009; Nieto et al. 2010; Leblois et al. 2014). Auch Studien mit Bezug zu Deutschland fokussieren auf Regionen mit extremen Standortbedingungen, wie Brandenburg, die durch sandige Böden und geringe jährliche Niederschläge gekennzeichnet sind (vgl. z. B. Odening et al. 2007; Mußhoff et al. 2008). Im Zusammenhang mit mangelnden Niederschlägen werden **Put-Optionen** analysiert (vgl. z. B. Giné et al. 2007; Odening et al. 2007; Leblois et al. 2014; Maestro et al. 2016). Einige wenige Studien thematisieren andere Wetterextreme wie Stark- und Dauerregen (vgl. z. B. Khalil et al. 2007). Sind Regionen durch mehr als eine Extremwetterlage charakterisiert, wie Hitze und Trockenheit, betrachten die Autoren teilweise **Put- und Call-Optionen** (vgl. z. B. Turvey 2001; Richards et al. 2004; Sun et al. 2014).

Da es Ziel dieser Arbeit ist, die HE von WIVs für deutsche Ackerbaubetriebe zu bestimmen, wird in Tab. 2 eine detailliertere Übersicht über einige der oben zitierten Studien, die explizit die HE von WIVs bestimmen, gegeben. Die Tabelle umfasst Analysen, bei denen Daten aus Deutschland verwendet wurden. Sie spiegeln den derzeitigen Stand der Forschung wider. Anhand der exemplarisch aufgeführten Studien soll ein Einblick über die Vielfalt der verwendeten Betriebsmodelle (Einproduktunternehmen oder Gesamtbetrieb) und Betriebsdaten (real oder sekundär), der verwendeten Methodik sowie über die HE gegeben werden. Die Systematisierung der Studien erfolgte basierend auf den oben genannten Hauptcharakteristika.

Auf Grund der unterschiedlichen Betriebsmodelle, Betriebsdaten und Untersuchungsregionen sowie der analysierten WIVs sind die Studien kaum vergleichbar. Deshalb ist auch die jeweilige, resultierende HE schwierig einzuordnen. Das Risikoreduzierungspotenzial von WIVs variiert stark. Betrachtet man die Studien mit Fokus auf der (Norm-)Erlösebene beträgt die ermittelte Reduzierung der (Norm-)Erlösschwankungen zwischen 1,05% und 46,40%. Demgegenüber liegt bei den gesamtbetrieblichen Studien die Spannbreite der ermittelten HEs zwischen 0% und 7,20%, d. h. es kann eine Reduzierung der Volatilität des GDBs zwischen 0% bis 7,20% erzielt werden. Neben der HE betrachteten einige Studien zusätzlich die Wirkung von WIVs auf einen bestimmten Verteilungsbereich und nutzten dazu Risikomaße wie den Value at Risk (VaR) oder Perzentile.

Anhand der HEs zeigen sich die große Bandbreite und die Vielfalt bisheriger Studien zur Wirkung von WIVs. Allerdings wurde dieses Instrument bisher nicht mittels groß angelegter Feldstudien analysiert. Gerade auf der Ebene des GDBs und in Regionen Deutschlands mit moderaten Standortbedingungen besteht weiterer Forschungsbedarf. Bisherige gesamtbetriebliche Untersuchungen betrachten insbesondere Betriebe in Regionen Deutschlands mit extremeren Standortbedingungen (siehe Definition Fußnote 3, Abschnitt 1.1). Des Weiteren war die gesamtbetriebliche HE real angebotener WIVs deutscher Versicherungsunternehmen oder Spezialmakler nach jetzigem Kenntnisstand noch nicht Gegenstand der Forschung. Bisher wurden ausschließlich fiktive WIVs untersucht. Somit ist die Markttransparenz gering und die Landwirte sind nicht ausreichend genug informiert, um fundierte Hedgingentscheidungen zu treffen.

Tab. 2: Zusammenfassung ausgewählter Studien zur Hedgingeffektivität von Wetterindexversicherungen in Deutschland

Analyseebene	Autor und Jahr	Periode	Region	Betriebsmodell und verwendete Betriebsdaten	Design der WIV			Zielgröße und Methodik	Quantifizierung des Risikos	Resultierende Hedgingeffektivität (positive HE = Risiko-reduzierung)
					Typ	Kontraktart	Index			
Einproduktunternehmen (Ebene Normerlös)	Berg und Schmitz 2008	1980 - 2002	Bremer-voerde	Versuchsfeld, Kartoffelertragszeitreihe der LWK Niedersachsen	Betriebs-spezifisch	Put-Option	Niederschlags-summe Mai bis September	Normerlösebene (konstante Preise) und Erlösebene, stochastische Simulation	σ	Normerlösebene: 46,40% Erlösebene: 13,70%
	Heimfahrth et al. 2012	1997 - 2009	Mittel-deutsch-land	Reale Winterweizenertragszeitreihen von 22 Betrieben, daraus Konstruktion aggregierter Zeitreihen (Vergleich einzelbetrieblich vs. aggregiert)	Standardi-siert	"..."	Niederschlags-summe März bis April	Normerlösebene, historische Simulation	σ , VaR _{90%}	Einzelbetrieblich: 1,05% (σ), 0,42% (VaR) Aggregiert: 2,99% (σ), 15,46% (VaR), zusätzlich Variantenrech-nungen mit anderer HE
	Odening et al. 2007	1993 - 2005	Branden-burg	Reale Winterweizenertragszeitreihen eines Betriebes	Betriebs-spezifisch	"..."	Niederschlags-summe Juni, Niederschlags-defizitindex April bis Juni	Normerlösebene, Basis EU-Prinzip	σ	Niederschlagsindex: 15,00 % Niederschlagsdefizitindex: 34,55%, zusätzlich Varian-tenrechnungen mit anderer HE
Gesamt-betrieb (Ebene GDB)	Hirschauer und Mußhoff 2008b	1980 - 2005	Branden-burg	Realer Ackerbaubetrieb, reale gesamt-betriebliche Daten (Einzeldeckungsbei-träge der realisierten Produktionsver-fahren von 1993-2005, Kapazitätsaus-stattung: Fläche, Arbeitskraft, Fruchtfol-gerestriktionen etc.), 1980-1992 kon-struierte Einzeldeckungsbeiträge basie-rend auf sekundären Daten	Standardi-siert	"..."	Niederschlags-summe April bis Juni	Ebene GDB, Risikoprogrammierungsansatz, Ausgangssituation: Max. des er-warteten GDBs ¹⁾ , Standardab-weichung des GDBs als Restri-ktion, Optimierung des Produkti-onsprogramms, verschiedene Variantenrechnungen	σ	0-7,20% bei variierenden Aufpreisen
	Kellner und Mußhoff 2011	1996 - 2008	Branden-burg	Durchschnittsbetrieb basierend auf den Daten von 8 Betrieben, Erträge verschie-dener Kulturen und Preise sind reale einzelbetriebliche Daten (Quelle: BMEL), Variable Kosten sind sekundäre Daten bereitgestellt durch das MLUL Branden-burg	Standort-bezogener Index, Tick Size und Strike Level standardi-siert und optimiert	"..."	Niederschlags-summe und durchschnittliche Boden-feuchte, jeweils Mai und Juni	Ebene GDB, Risikoprogrammierungsansatz, Max. des erwarteten GDBs ¹⁾ , Standardabweichung des GDBs als Restriktion, Optimierung des Produktionsprogramms, ausschließlich Analyse „opti-mierter“ WIVs	σ	Nur für Ebene „Deckungs-beitrag Winterweizen“ wurde HE ausgewiesen: Niederschlagsindex: standardisiert: 2-3,00%, optimiert: 6-19,00% Bodenfeuchteindex: standardisiert: 13-16,00%, optimiert: 26-27,00%
	Schmitz 2007 ²⁾ 123ff. und 133f.	1991 - 2004	Magde-burg	Modellbetrieb, teilweise reale Betriebs-daten, teilweise sekundäre Betriebsda-ten (teilweise Ertragsdaten des Bun-dessortenamtes, Variable Kosten teils von LWK NRW)	Betriebs-spezifisch	"..."	Niederschlags-summe Mai bis Juli	Ebene GDB, Basis EV-Modell, nicht eindeu-tig, ob Produktionsprogramm optimiert	σ , 5% Perzentil	3,80% (Standard-abweichung), 7,50% (5% Perzentil)

Studien zur Bewertung von WIVs

¹⁾ Da hier die HE im Vordergrund steht, werden die erzielten maximalen GDBs nicht ausgewiesen. ²⁾ Die HE wurde anhand der gegebenen absoluten Ergebnisse abgeleitet.

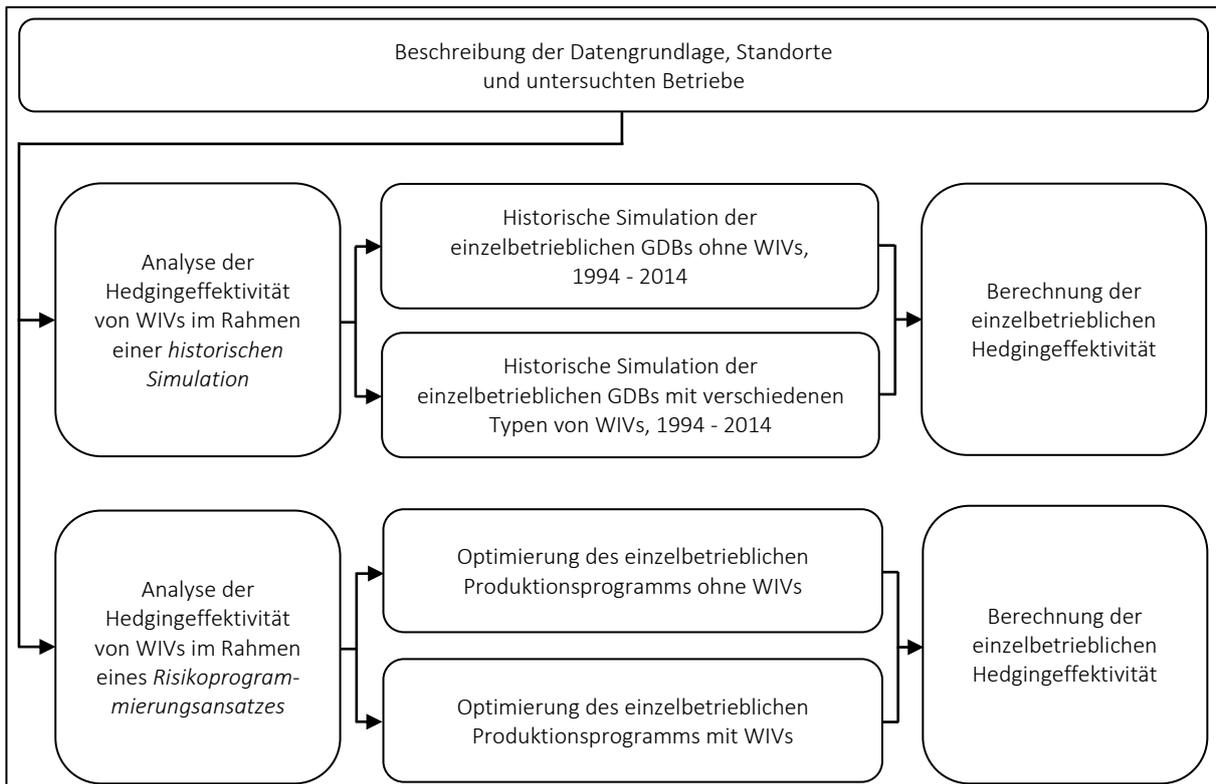
Quelle: Eigene Darstellung.

4 Grundsätzlicher Forschungsablauf und Untersuchungsgegenstand

4.1 Der Forschungsablauf im Überblick

Vor dem Hintergrund der in Kapitel 3 beschriebenen Forschungslücken bezüglich der Wirkungsweise von WIVs wird in dieser Studie die gesamtbetriebliche HE am Beispiel deutscher Ackerbaubetriebe in Regionen mit moderaten Standortbedingungen analysiert. Abb. 6 beschreibt den grundsätzlichen Forschungsablauf.

Abb. 6: Forschungsablauf im Überblick



Quelle: Eigene Darstellung.

Die Datengrundlage, die Standorte und die untersuchten Betriebe werden beschrieben (siehe Abschnitt 4.2). Anschließend wird die Wirkung von WIVs auf das unternehmerische Erfolgswisiko (Bestimmung der HE) mit zwei verschiedenen Methoden untersucht. Mit Hilfe einer **historischen Simulation** wird die Volatilität der tatsächlichen einzelbetrieblichen GDBs im Zeitraum von 1994 bis 2014 (Status quo: ohne WIVs) mit der Volatilität verglichen, die sich bei verschiedenen Hedgingstrategien (mit WIVs) ergeben hätte (siehe Kapitel 5). Eine Hedgingstrategie entspricht einer Kombination aus einer WIV und einer Hedge Ratio (Anzahl gekaufter Kontrakte). Die untersuchten WIVs sind zum einen fiktive WIVs, die aus pflanzenbaulicher Sicht a priori sinnvoll erscheinen. Zum anderen wird auch ein konkretes Marktangebot untersucht.¹³

¹³ Zwar werden WIVs von verschiedenen deutschen Versicherungsunternehmen oder Spezialmaklern angeboten (für einen Überblick über Marktangebote siehe Doms et al. (2017b)), allerdings erklärte sich nur ein Spezialmakler bereit, die für die Analyse nötigen Informationen zur Verfügung zu stellen.

Die WIVs unterscheiden sich neben dem gewählten Index in der Kontraktstruktur (Put-Option, Call-Option, Strangle) und den Kontraktparametern (Hedging Periode, Wetterindex, Strike Level). Darüber hinaus werden unterschiedliche Hedge Ratios angenommen. Der verwendete Simulationsansatz kann als statischer Ansatz bezeichnet werden, da die Produktionsprogramme der Betriebe als gegeben angenommen werden.

In der Realität wird ein Landwirt jedoch erwägen, sein Produktionsprogramm anzupassen, wenn er das innerbetriebliche Instrument der Diversifizierung durch ein außerbetriebliches Hedginginstrument substituieren kann. Derartige Anpassungen können mit dem verwendeten statischen Simulationsansatz nicht untersucht werden. Deshalb wird als zweite Methode zur Bestimmung der HE ein **Risikoprogrammierungsansatz** verwendet (siehe Kapitel 6). Dieser beruht auf den Korrelationen und parametrischen Verteilungsinformationen, die mittels Zeitreihenanalyse aus den einzelbetrieblichen Daten der Jahre 1994 bis 2014 gewonnen wurden. Analysiert wird hier lediglich das Marktangebot. Der verwendete Risikoprogrammierungsansatz ist als dynamischer Planungsansatz einzuordnen, da bei der Minimierung der Volatilität des GDBs sowohl der Umfang der Hedgingaktivität (Einsatz der WIV) als auch die Umfänge der betrieblichen Produktionsverfahren angepasst werden können.

4.2 Beschreibung der Datengrundlage, Standorte und untersuchten Betriebe

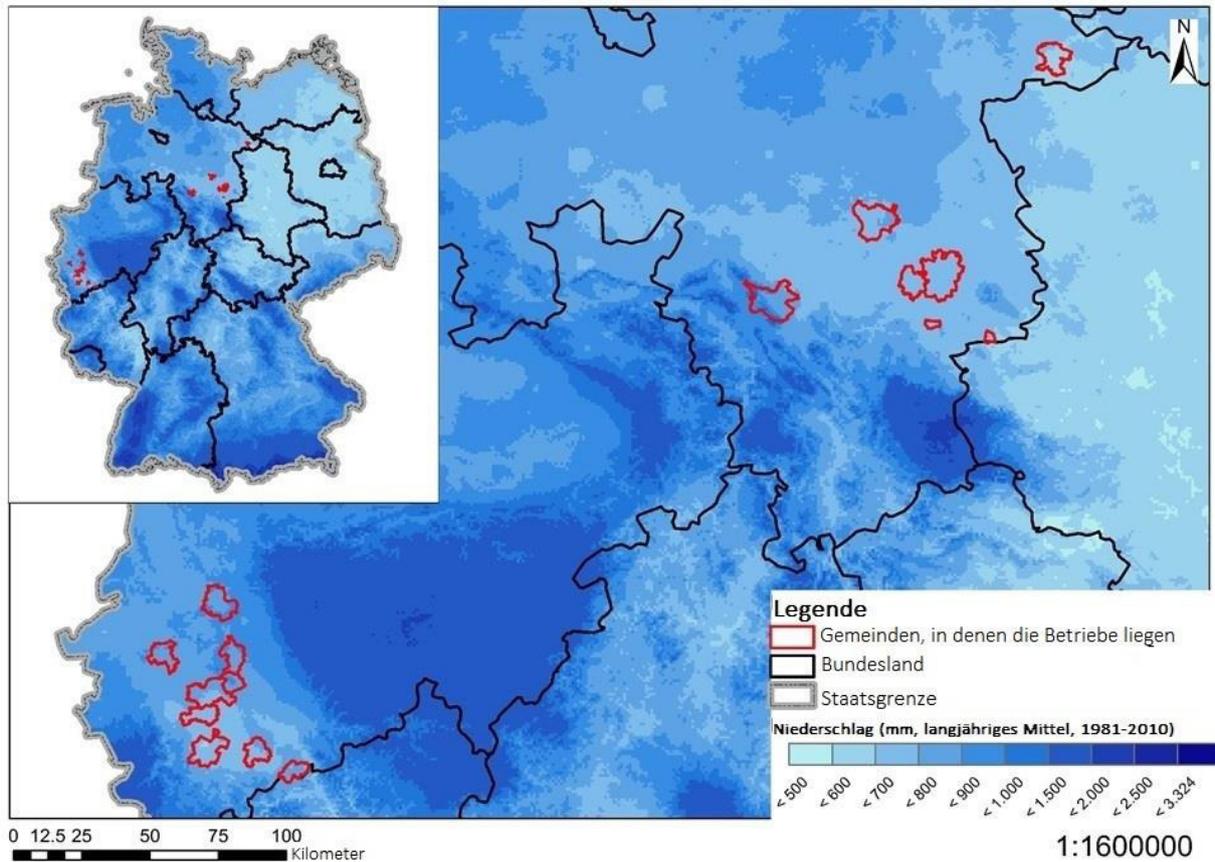
Für die Umsetzung des Forschungsvorhabens, das in Abschnitt 4.1 beschrieben wurde, sind lange einzelbetriebliche Datenreihen über mehrere Jahrzehnte erforderlich. Die Länge der Zeitreihen beeinflusst die Gewinnung zuverlässiger Informationen bezüglich der verschiedenen Faktoren, die das einzelbetriebliche Erfolgsrisiko bestimmen, wesentlich. Je länger die Zeitreihe, desto höher der Informationsgehalt. Auf Grund der Sensibilität der Daten und den damit verbundenen Datenschutzanforderungen war es jedoch schwer, Betriebe zu überzeugen, diese Daten bereitzustellen. Darüber hinaus archivieren die Betriebsleiter die Daten oftmals nicht über einen langen Zeitraum. Deshalb ist es herausfordernd, lückenlose und ausreichend lange einzelbetriebliche Zeitreihen zu erhalten (siehe Kapitel 3).

Letztlich konnten die erforderlichen einzelbetrieblichen Daten durch den Arbeitskreis „Betriebsführung Köln-Aachener Bucht“ der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (LWK NRW) bereitgestellt werden. Des Weiteren stellte der Arbeitskreis „Unternehmensführung“ der Landwirtschaftskammer Niedersachsen (LWK NI) die entsprechenden Daten zur Verfügung. Insgesamt wurden betriebswirtschaftliche Daten von 20 Ackerbaubetrieben über 21 Jahre (Zeitraum 1994 - 2014) erhoben, digitalisiert und aufbereitet. Die einzelbetrieblichen Daten stammen aus den jährlichen betriebswirtschaftlichen Auswertungen der Arbeitskreise. Folgende Informationen liegen zur Durchführung der Studie für jeden Betrieb vor: die jährlichen Einzeldeckungsbeiträge der Produktionsverfahren (angebaute Kulturen) und die realisierten Produktionsprogramme in den einzelnen Jahren. Auf dieser Grundlage wurden die erzielten Gesamtdeckungsbeiträge der Ackerbaubetriebe berechnet.

Die analysierten Betriebe (N=20) befinden sich überwiegend in der Niederrheinischen Bucht im Süden Nordrhein-Westfalens (N=12) und in den Niedersächsischen Börden im Südosten Nie-

dersachsens (N=8) (siehe Abb. 7). Entsprechend der Unterteilung der Bundesrepublik Deutschland in Boden-Klima-Räume (BKR) sind die Betriebe überwiegend den BKR 141 und 145 zuzuordnen (siehe Anhang 1).

Abb. 7: Lage der Betriebe und klimatische Anbauverhältnisse in den Untersuchungsregionen¹⁾



¹⁾ Da die genaue Lage der Betriebe nicht bekannt ist, kennzeichnen die rot umrandeten Flächen die Gemeinden, in denen die Betriebe liegen. Die Zahl der Gemeinden (N=16) entspricht nicht der Anzahl an Betrieben (N=20), da teilweise mehr als ein Betrieb in einer Gemeinde liegt.

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf DWD (2018b).

In den Untersuchungsregionen beträgt die jährliche Niederschlagsmenge im Mittel zwischen 700 und 900 mm im Vergleich zu Teilen Brandenburgs mit sehr geringen jährlichen Niederschlägen (< 500 mm) oder Bayerns mit sehr hohen jährlichen Niederschlägen (> 1.000 mm) (siehe Abb. 7).¹⁴ Gleichzeitig schwankt zum Beispiel die über eine phänologische Phase einer bestimmten Kultur kumulierte Niederschlagsmenge erheblich von Gemeinde zu Gemeinde, in denen die Betriebe liegen. Des Weiteren variiert die Niederschlagsmenge innerhalb einer phänologischen Phase stark von Vegetationsperiode zu Vegetationsperiode (siehe Anhang 3). Demnach stellen räumliche und zeitliche Niederschlagsschwankungen auch für Ackerbaubetriebe in Regionen

¹⁴ Niederschlagsschwankungen sind von großer Bedeutung für den Ackerbau in Deutschland. Bisherigen Studien folgend, sind niederschlagsbasierte WIVs besser als temperaturbasierte geeignet, um das wetterbedingte Erfolgsrisiko zu minimieren (vgl. z. B. Berg und Schmitz 2008; Kellner und Mußhoff 2011). Obwohl diese Annahme einer genaueren Prüfung bedarf (insbesondere in Bezug auf sogenannte gemischte Indizes), wird im Folgenden dem Niederschlag die größte Bedeutung für den Ackerbau in Deutschland unterstellt. Auf Grund dessen wird bei der Einordnung der Standortbedingungen auf den Niederschlag fokussiert. Der Vollständigkeit halber beinhaltet Anhang 2 Informationen zur Temperatur.

mit mittleren jährlichen Niederschlägen eine Risikoquelle dar (Doms et al. 2017a; Möller et al. 2018).

Die untersuchten Betriebe kultivieren überwiegend ertragsstarke Lehm Böden mit Ackerzahlen zwischen 60 und 95 (siehe zusätzlich Anhang 4).¹⁵ Anhand dieser Charakteristika können die Standortbedingungen der Betriebe hinsichtlich der jährlichen Niederschlagsmenge und der Bodenqualitäten als moderat eingestuft werden.

Im Jahr 2014 betrug die durchschnittliche Betriebsgröße¹⁶ 243 Hektar (ha) (siehe Tab. 3). Unter allen angebauten Hauptkulturen wurde lediglich Winterweizen von allen Betrieben kontinuierlich über den gesamten Zeitraum von 1994 bis 2014 angebaut. Der Anteil von Winterweizen umfasste im Durchschnitt 97,32 ha im Jahr 2014, was ca. 40% der Anbaufläche entspricht. Dies zeigt die Bedeutung des Winterweizenanbaus für die untersuchten Betriebe. Im Beobachtungszeitraum stieg die durchschnittliche gesamte Anbaufläche um mehr als 50%. Bei den untersuchten Betrieben war nicht nur deren Größe unterschiedlich, sondern auch die realisierten Produktionsprogramme (Diversifikationsgrad) und damit auch der erzielte Erfolg, der durch die Erfolgsgröße „Gesamtdeckungsbeitrag je ha“ (GDB/ha) ausgedrückt wird.

Tab. 3: Charakteristika der untersuchten Betriebe (N=18)¹⁾

	Betriebsgröße		Gesamtdeckungsbeitrag ²⁾	
	1994	2014	1994	2014
	(ha)	(ha)	(€/ha)	(€/ha)
Mittelwert	160 (100%)	243 (152%)	1 434 (100%)	1 295 (90%)
Min	67 (100%)	86 (128%)	746 (100%)	704 (94%)
Max	455 (100%)	521 (115%)	2 690 (100%)	1 974 (74%)

¹⁾ Für diese deskriptiven Auswertungen wurden ausschließlich die Daten der Betriebe genutzt, für die Zeitreihen von 1994 - 2014 vorlagen. Zwei Betriebe wurden nicht berücksichtigt, da für diese die einzelbetrieblichen Daten von 1994 - 2012 oder 2013 vorlagen. ²⁾ Für die einzelbetrieblichen Gesamtdeckungsbeiträge (€/ha) muss die Annahme der Normalverteilung bei allen Betrieben gemäß des üblichen Prozedere nicht verworfen werden (siehe Anhang 5).

Quelle: Eigene Darstellung.

Die Einzeldeckungsbeiträge der Produktionsverfahren wurden anhand der real erzielten einzelbetrieblichen Erträge, Preise und variablen Kosten berechnet. Letztere beinhalten Kosten für Saatgut, Pflanzenschutz- und Düngemittel sowie den Einsatz eines Lohnunternehmers. Darüber hinaus zählen auch die variablen Maschinenkosten dazu. Der Datensatz umfasst ausschließlich Hauptkulturen. Dies sind beispielsweise Winterweizen, Wintergerste, Mais oder Zuckerrüben. Spezialkulturen wie Erdbeeren oder Spargel wurden nicht berücksichtigt. Die Landwirte kauften

¹⁵ Anhand der Ackerzahl wird die Qualität einer Ackerfläche eingestuft. Sie kann Werte zwischen 1 (=sehr schlechte Qualität) und ≥ 100 (=sehr gute Qualität) annehmen. Die Ackerzahl ergibt sich aus der Bodenzahl mit Zu- und Abschlägen entsprechend weiterer Standortbedingungen. Als weitere Standortbedingungen werden Klimaverhältnisse, die Hangneigung oder der Waldschatten berücksichtigt. Auf Grund der Zuschläge kann die Ackerzahl im Gegensatz zur Bodenzahl, die sich auf den Wertebereich zwischen sieben bis 100 beschränkt, Werte von über 100 annehmen. Die Unterschiede zwischen Boden- und Ackerzahl sind ausführlich in Scheffer und Schachtschabel (2010: 526f.) erläutert. Die Bodenzahl beträgt bei den untersuchten Betrieben zwischen 65 und 85.

¹⁶ Die Betriebsgröße ist in dieser Arbeit definiert als die gesamte, für den Anbau der Hauptkulturen genutzte Ackerfläche in den einzelnen Jahren.

bisher noch keine WIVs. Ob und in welchem Umfang andere externe Risikomanagementinstrumente genutzt wurden, ist nicht bekannt.

In Bezug auf die Betriebsart und die Standortbedingungen ist die Stichprobe als klein und nicht repräsentativ einzustufen. Dennoch ist der Datensatz auf Grund der präzisen Betriebsdaten, die zur Berechnung der jährlichen GDBs genutzt wurden, sehr wertvoll, da nicht auf aggregierte sekundäre Daten zurückgegriffen werden musste.

5 Analyse der Hedgingeffektivität von WIVs im Rahmen einer historischen Simulation

Die Analyse des Risikoreduzierungspotenzials von WIVs war bereits Gegenstand zahlreicher Studien (siehe Kapitel 3). Die Bestimmung der HE von WIVs, bezogen auf die relevante Erfolgsgröße GDB, stand allerdings selten im Fokus. Dies trifft insbesondere auf Regionen Deutschlands mit moderaten Standortbedingungen zu. Deshalb wird im Folgenden auf der Grundlage der in Abschnitt 4.2 beschriebenen, einzelbetrieblichen Daten der 20 Ackerbaubetriebe mit moderaten Standortbedingungen die gesamtbetriebliche HE von WIVs untersucht. Mit Hilfe einer historischen Simulation (zur grundlegenden Methodik siehe Abschnitt 2.1.2) wird ermittelt, wie die Volatilität des einzelbetrieblichen GDBs mit WIV im Vergleich zur Volatilität des tatsächlichen GDBs ohne diese Hedgingaktivität (Status quo) gewesen wäre. WIVs werden gemäß fiktiver und realer Hedgingstrategien eingesetzt. Den Hedgingstrategien liegen verschiedene Typen fiktiver WIVs sowie das Angebot eines Spezialmaklers zugrunde.

Bei der Modellierung der fiktiven WIVs wird das Kontraktdesign nicht optimal auf den Gesamtbetrieb, d. h. das gesamte Produktionsprogramm abgestimmt (vgl. z. B. Binswanger-Mhkize 2012). Folglich wird kein Kontrakt bestimmt, der am GDB der Betriebe ausgerichtet ist. Stattdessen werden – entsprechend dem in der Praxis und Forschung dominierenden Ansatz – fruchtartenspezifische WIVs designt (siehe Kapitel 3). Die HE dieser fruchtartenspezifischen WIVs wird basierend auf der Volatilität des GDBs bestimmt, um dem Einfluss anderer Risikoquellen auf das gesamtbetriebliche Risikoreduzierungspotenzial solcher WIVs nachzugehen. Dieselbe Herangehensweise wird bei der Untersuchung des Marktangebots angewandt.

Durch die Konstruktion verschiedener Typen fiktiver WIVs wird die Bedeutung des gewählten Indexes und der Kontraktparameter auf das Risikoreduzierungspotenzial von WIVs ermittelt. Gleichzeitig wird hiermit implizit eine Benchmark erzeugt, anhand derer die HE des Angebots des deutschen Spezialmaklers eingeordnet werden kann. Hedgingstrategien, die auf einem Marktangebot beruhen, waren nach bisherigem Kenntnisstand noch nicht Gegenstand der Forschung. Indem solche Hedgingstrategien untersucht werden, wird die Markttransparenz erhöht.

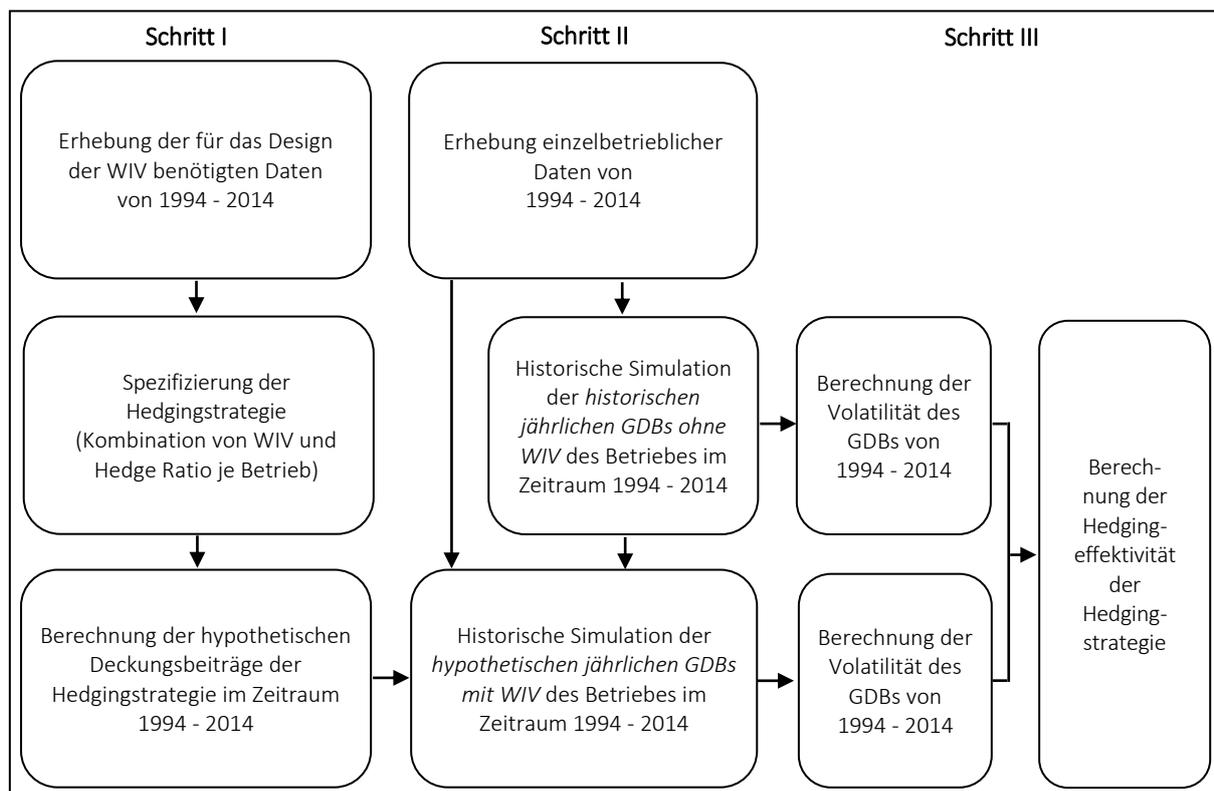
Im Folgenden wird erst der grundsätzliche Ablauf der historischen Simulation beschrieben, um einen Überblick über die angewandte Vorgehensweise zu gewinnen (Abschnitt 5.1). Anschließend wird die mathematische Bestimmung der HE mit Hilfe der historischen Simulation detailliert erläutert (Abschnitt 5.2). Danach werden fiktive Hedgingstrategien analysiert (Abschnitt 5.3), die in ähnlicher Form bereits in bisherigen Studien zur HE von WIVs untersucht

wurden (siehe Kapitel 3). Das Design der fiktiven Hedgingstrategien wird erläutert und die Ergebnisse präsentiert. Im Vergleich zur Ermittlung der HE der fiktiven Hedgingstrategien steht die Analyse von Hedgingstrategien basierend auf dem Marktangebot (Abschnitt 5.4), die von wesentlicher Bedeutung für Landwirte ist, damit diese die Entscheidung für den Einsatz eines Hedginginstruments bewusster treffen können. Dieser Abschnitt umfasst ebenfalls das Design der Hedgingstrategien sowie die Ergebnispräsentation. Abschließend werden die mittels historischer Simulation gewonnenen Ergebnisse zur HE von WIVs diskutiert und ein erstes Zwischenfazit gezogen (Abschnitt 5.5).

5.1 Grundsätzlicher Ablauf der historischen Simulation

Der grundsätzliche Ablauf zur Bestimmung der HE einer Hedgingstrategie bezogen auf die Volatilität des GDBs jedes Betriebes mit Hilfe historischer Simulation besteht aus drei Schritten (siehe Abb. 8).

Abb. 8: Ablauf der historischen Simulation für eine Hedgingstrategie und einen Betrieb



Quelle: Eigene Darstellung.

Der erste Schritt umfasst die Erhebung von (agrar-)meteorologischen Daten, wie einzelbetriebliche Bodenfeuchtedaten sowie regionale Wetter- und Phänologiedaten, die für das Design der fiktiven WIVs notwendig sind. Zusätzlich stellt der Spezialmakler Informationen über das Marktangebot für die einzelnen Betriebe zur Verfügung. Basierend auf dieser Datengrundlage erfolgt im gleichen Schritt die Bestimmung der zu analysierenden Hedgingstrategien, d. h. die Identifikation von Kombinationen von fiktiven bzw. realen WIVs und Hedge Ratios (gekaufte Kontraktanzahl). Anschließend werden die hypothetischen Deckungsbeiträge der einzelnen (fiktiven und realen) Hedgingstrategien berechnet, die resultiert wären, wenn die jeweilige Strategie im Zeitraum von 1994 bis 2014 umgesetzt worden wäre. Analog zu einem Produktionsverfahren

(angebaute Kultur) stellt die Hedgingstrategie eine zusätzliche Aktivität im Produktionsprogramm dar. Während der historischen Simulation wird der Umfang der Produktionsverfahren nicht verändert und die jährlich realisierten Produktionsprogramme ohne Hedgingaktivität damit als gegeben angenommen. Hierbei handelt es sich folglich um eine statische Sichtweise.

Im zweiten Schritt erfolgt für jeden Betrieb ausgehend von den realisierten Produktionsprogrammen und den erzielten Einzeldeckungsbeiträgen der Kulturen die Bestimmung des **historischen jährlichen GDBs ohne WIV**. Danach wird der **hypothetische jährliche GDB mit WIV** jedes Betriebes berechnet. Dieser setzt sich aus dem jährlichen einzelbetrieblichen GDB und dem hypothetischen jährlichen Deckungsbeitrag der betrachteten Hedgingstrategie in jedem Jahr zusammen.

In einem dritten Schritt wird die Volatilität des GDBs ohne und mit WIV sowie die gesamtbetriebliche HE dieses Instruments ermittelt. Der hier beschriebene Ablauf der historischen Simulation ist für alle 20 Betriebe derselbe.

5.2 Bestimmung der gesamtbetrieblichen Hedgingeffektivität

Die HE wird nachfolgend als prozentuale Änderung zwischen der Volatilität des **historischen jährlichen GDBs ohne WIV** und der Volatilität des **hypothetischen jährlichen GDBs mit WIV** bestimmt (siehe Abschnitt 2.2.4).

Die normierten einzelbetrieblichen **jährlichen GDBs ohne WIV** $GDB_{ohne\ WIV}^{norm}$ von 1994 bis 2014 werden unter Rückgriff auf Formel (1), Abschnitt 2.1.1, und den einzelbetrieblichen historischen Produktionsprogrammen in den einzelnen Jahren berechnet. Diese beinhalten die Informationen zu dem Anbauumfang u_j in ha jedes der J realisierten Produktionsverfahren, dem Deckungsbeitrag DB_j je ha jedes Produktionsverfahrens j sowie der gesamten Anbaufläche A in dem jeweiligen Jahr.¹⁷ Durch Division des **GDBs** durch die gesamte Anbaufläche A erfolgt eine Normierung des **GDBs**. Die Bezeichnung *norm* signalisiert, dass es sich um den GDB je ha handelt.

$$GDB_{ohne\ WIV}^{norm} = \left(\sum_{j=1}^J DB_j \cdot u_j \right) \cdot A^{-1} \quad (14)$$

Der normierte **jährliche GDB mit WIV** berechnet sich unter zusätzlicher Berücksichtigung der aus der jeweiligen Hedgingstrategie resultierenden Deckungsbeiträge DB_{WIV} multipliziert mit der Kontraktanzahl w gemäß folgender Formel. Diese Vorgehensweise gilt für jedes Jahr im Beobachtungszeitraum.

$$GDB_{mit\ WIV}^{norm} = \left(\sum_{j=1}^J DB_j \cdot u_j + DB_{WIV} \cdot w \right) \cdot A^{-1} \quad (15)$$

¹⁷ Die jährlichen GDBs je ha wurden inflationsbereinigt. Zusätzlich erfolgte eine lineare Trendbereinigung.

Nach der Berechnung der $GDB_{ohne\ WIV}^{norm}$ und $GDB_{mit\ WIV}^{norm}$ in jedem Jahr von 1994 bis 2014 wird deren Volatilität mit Hilfe der Standardabweichung¹⁸ als σ_{ohne} und σ_{mit} bestimmt. Die Grundlage für die Ermittlung der Standardabweichung sind Formel (4) und (5), Abschnitt 2.1.3. Anschließend berechnet sich die gesamtbetriebliche HE nach Gleichung (13), Abschnitt 2.2.4, folgendermaßen:

$$HE = \frac{\sigma_{ohne} - \sigma_{mit}}{\sigma_{ohne}} \quad (16)$$

5.3 Analyse verschiedener fiktiver Hedgingstrategien

Im nächsten Abschnitt werden das Design fiktiver ex ante und ex post definierter Hedgingstrategien beschrieben und hiernach die gemäß der erläuterten Herangehensweise in Abschnitt 5.2 ermittelten, gesamtbetrieblichen HEs präsentiert.

5.3.1 Die untersuchten Hedgingstrategien

Zur Herleitung der fiktiven Hedgingstrategien dienen bisherige Studien zur HE von WIVs (siehe Kapitel 3). Insgesamt sind 20 fiktive Hedgingstrategien Gegenstand der Analyse. Eine Hedgingstrategie entspricht der Kombination einer WIV und einer Hedge Ratio im Sinne der Anzahl gekaufter Kontrakte. Die Strategien unterscheiden sich in Bezug auf die Kontraktstruktur (Put-Option vs. Call-Option vs. Strangle) und die Kontraktparameter (Hedging Periode, Wetterindex, Strike Level) sowie die Hedge Ratio. Dieser Abschnitt beinhaltet die Erläuterung der verwendeten Kontrakte und Hedge Ratios. Die fiktiven Hedgingstrategien setzen sich aus zehn verschiedenen Kontraktarten und zwei Hedge Ratios zusammen.

Niederschlagsschwankungen sind von entscheidender Bedeutung für den Ackerbau in Deutschland. Deshalb unterstellen bisherige Studien den niederschlagsbasierten WIVs verglichen mit temperaturbasierten WIVs eine bessere Eignung zur Minimierung des wetterbedingten Erfolgsrisikos (vgl. z. B. Berg und Schmitz 2008; Kellner und Mußhoff 2011). Zwar bedarf diese Annahme einer genaueren Prüfung (insbesondere in Bezug auf Mischindizes), dennoch gilt diese hier auch. Infolge dessen bilden vier hydrologische Indizes die Basis der fiktiven WIVs. Einen Überblick über die Kontraktstrukturen und die Parameter gibt Tab. 4, eine detaillierte Erläuterung folgt im Anschluss an die tabellarische Darstellung:

¹⁸ Die Standardabweichung wurde in Anlehnung an die Arbeiten von Markowitz (1952) und Tobin (1958) verwendet, die als Risiko die Volatilität einer Erfolgsgröße definieren. Maßstab für die Messung des Risikos ist die Standardabweichung (Spremann 2008: 100). Die Nutzung der Standardabweichung ermöglicht es, bei normalverteilten Werten die gesamte Streuung der Erfolgsgröße zu erfassen (zu weiteren Eigenschaften der Standardabweichung siehe Abschnitt 2.1.3). Allerdings kann es bei der Bewertung des Risikoreduzierungspotenzials von WIVs zu einer Fehleinschätzung der HE kommen, da durch den Einsatz einer WIV auf Grund ihres Optionscharakters die Wahrscheinlichkeit von Ereignissen im linken Bereich der zugrundeliegenden Verteilung geringer werden kann (Mußhoff und Hirschauer 2008). Deshalb ist bei den fiktiven Hedgingstrategien beispielhaft für den Betrieb und die Hedgingstrategie mit der höchsten positiven HE die empirische Verteilung des GDBs ohne und mit WIV graphisch dargestellt. Bei der Analyse des Marktangebots ist zusätzlich zur HE für alle Betriebe die Wahrscheinlichkeit, einen GDB mit WIV unterhalb des 25% Quantilwerts (ohne WIV) zu erhalten, ausgewiesen.

Tab. 4: Analyisierte fiktive Wetterindexversicherungen

Hydrologische Daten		Tägliche Niederschlagsdaten der nächstgelegenen Wetterstation (R_i) (in mm)	Tägliche Rasterniederschlagsdaten auf Gemeindeebene (G_i) ¹⁾ (in mm)	Tägliche Bodenfeuchtedaten auf einzelbetrieblicher Ebene (C_i) (in % nutzbarer Feldkapazität)	
Kontraktparameter					
Hedging Periode		Phänologische Phase „Schossen von Winterweizen“ von $i=1$ (erster Tag des Schossens) bis $i=n$ (letzter Tag des Schossens)			
Index I über die Hedging Periode in Jahr t	Put-Option	$I_t^R = \sum_{i=1}^n R_i$	$I_t^G = \sum_{i=1}^n G_i$	$I_t^{Cp} = \sum_{i=1}^n \max(K - C_i; 0)$	$I_t^C = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i$
	Call-Option			$I_t^{Cc} = \sum_{i=1}^n \max(C_i - K; 0)$	
Strike Level K	Put-Option K_p	Angenommene kritische minimale Niederschlagsmenge als Voraussetzung für ein gutes Pflanzenwachstum in der Hedging Periode: ²⁾ - Niederrheinische Bucht: 70 mm - Niedersächsische Börden: 50 mm		Angenommene kritische minimale Bodenfeuchte als Voraussetzung für ein gutes Pflanzenwachstum in der Hedging Periode: ³⁾ 50% nFK	Angenommene kritische minimale Bodenfeuchte als Voraussetzung für ein gutes Pflanzenwachstum in der Hedging Periode: ³⁾ 50% nFK
	Call-Option K_c	Angenommene kritische maximale Niederschlagsmenge als Voraussetzung für ein gutes Pflanzenwachstum in der Hedging Periode: ²⁾ - Niederrheinische Bucht: 110 mm - Niedersächsische Börden: 80 mm		Angenommene kritische minimale Bodenfeuchte als Voraussetzung für ein gutes Pflanzenwachstum in der Hedging Periode: ³⁾ 70% nFK	Angenommene kritische minimale Bodenfeuchte als Voraussetzung für ein gutes Pflanzenwachstum in der Hedging Periode: ³⁾ 70% nFK
Tick Size V	Alle Typen	1€ je Indexpunkt			
Auszahlungsstruktur P_t	Put-Option	Ⓘ $P_t^p = V \cdot \max(K - I_t^R; 0)$	Ⓧ $P_t^p = V \cdot \max(K - I_t^G; 0)$	Ⓦ $P_t^p = V \cdot I_t^{Cp}$	Ⓩ $P_t^p = V \cdot \max(K - I_t^C; 0)$
	Call-Option	Ⓛ $P_t^c = V \cdot \max(I_t^R - K; 0)$	Ⓨ $P_t^c = V \cdot \max(I_t^G - K; 0)$	Ⓥ $P_t^c = V \cdot I_t^{Cc}$	Ⓣ $P_t^c = V \cdot \max(I_t^C - K; 0)$
	Strangle ⁴⁾	Ⓜ $P_t^s = V \cdot \max(K_p - I_t^R; I_t^R - K_c; 0)$	–	–	Ⓧ $P_t^s = V \cdot \max(K_p - I_t^C; I_t^C - K_c; 0)$
Jährlich zu zahlende Prämie FP	Alle Typen	$FP = \frac{1}{21} \sum_{t=1}^{21} P_t$			
Deckungsbeitrag DB_{WIV}	Alle Typen	$P_t - FP$			

¹⁾ Da die genaue Lage der Betriebe innerhalb des Rasters unbekannt ist, aber die Gemeinde, in denen diese liegen, bekannt ist, wurden die Rasterniederschlagsdaten auf Gemeindeebene durch Mittelwertbildung der 1x1km Rasterdaten aggregiert. ²⁾ Für die genaue Berechnung der Strike Level siehe Tab. 5. ³⁾ Siehe Roth und Werner (2000: 21). ⁴⁾ Das Strike Level der Put-Option K_p muss kleiner sein als das der Call-Option K_c (Jewson und Brix 2005: 24).

Quelle: Eigene Darstellung.

Hedging Periode: Im Gegensatz zu bisherigen Studien (vgl. z. B. Vedenov und Barnett 2004; Turvey 2005; Berg und Schmitz 2008) beruht die Hedging Periode nicht auf Kalendermonaten. Stattdessen wird, Conradt et al. (2015b) folgend, die Hedging Periode anhand phänologischer Phasen bestimmt, da dieser Ansatz im Vergleich zur Verwendung von Kalendermonaten zu einer besseren HE von WIVs führte. Dies erfordert die Identifikation der Start- und Endtage der phänologischen Phase in jedem Jahr, die die wichtigste Pflanzenwachstumsphase in Bezug auf den Ertrag darstellt. Die Start- und Endtage der phänologischen Phasen variieren entsprechend des Vegetationsverlaufs von Jahr zu Jahr. Der hier durchgeführten Analyse liegt die phänologische Phase „Schossen“ von Winterweizen zugrunde. Sie zählt zu den Hauptwachstumsphasen des Winterweizens mit dem höchsten Wasserbedarf (Lütke Entrup und Schäfer 2011: 328ff.; DWD 2018g). Die Kontrakte beziehen sich in dieser Studie auf Winterweizen, da diese Kultur als einzige von allen Betrieben kontinuierlich über den gesamten Beobachtungszeitraum angebaut wurde und von großer Bedeutung für den Erfolg der Betriebe ist (siehe Abschnitt 4.2). Die Bestimmung der Hedging Periode beruht auf den im Internet öffentlich zugänglichen und kostenlos verfügbaren phänologischen Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD)¹⁹ (DWD 2018d). Diese erheben freiwillige Beobachter und melden sie an den DWD.²⁰ Für jeden Betrieb werden die Daten des nächstgelegenen Beobachtungsgebietes mit lückenlosen Zeitreihen von 1994 bis 2014 verwendet. Die Entfernung zwischen den Betrieben und den phänologischen Beobachtungsgebieten beträgt bis zu 90km (Luftlinie). Der durchschnittliche Eintrittstag der phänologischen Phase „Schossen“ im Untersuchungszeitraum ist der 12. April in der Niederrheinischen Bucht und der 27. April in den Niedersächsischen Börden. Der Endtag, definiert als der Tag vor dem Beginn der nächsten phänologischen Phase „Ährenschieben“, ist im Durchschnitt der 25., resp. 27. Mai.

Wetterindizes: Unter Rückgriff auf die zuvor definierte Hedging Periode werden vier kumulierte Indizes analysiert:

- (1) Der kumulierte „Niederschlagsindex“ basiert auf Daten der zum Betrieb nächstgelegenen Wetterstation des DWD.²¹ Die Entfernung zwischen Betrieb und Wetterstation beträgt circa 2 km bis 26 km (Luftlinie) abhängig von der Lage der nächsten Wetterstation mit lückenlosen Zeitreihen. Diese Vorgehensweise wurde bereits häufig in Studien zu WIVs angewandt, um bereits im Vorfeld das geographische Basisrisiko zu minimieren (vgl. z. B. Turvey 2001; Stoppa und Hess 2003; Odening et al. 2007; Chantarat 2009).

¹⁹ Als Bundesoberbehörde stellt der DWD offizielle phänologische Daten und Wetterdaten als Teil verschiedener meteorologischer Dienstleistungen für die Öffentlichkeit oder spezifische Interessengruppen wie die Wissenschaft über den ftp-server zur Verfügung (DWD 2018a). Die bereitgestellten Informationen sind folglich vertrauenswürdig. Damit trägt diese Studie einem entscheidenden Anspruch der Landwirte an das Versicherungsdesign Rechnung, da diese eher in WIVs investieren, wenn der beobachtete Index nicht durch das Versicherungsunternehmen manipulierbar ist (Dercon et al. 2011, Leblois und Quirion 2013).

²⁰ Für mehr Informationen zum Erhebungsverfahren siehe Kaspar et al. (2015).

²¹ Die Daten sind ebenfalls über den ftp-Server verfügbar (DWD 2018e).

- (2) In den kumulierten „Rasterniederschlagsindex“ fließen Rasterdaten auf Gemeindeebene ein.²² Durch die Verwendung dieser Daten wird eine bessere Abbildung der betrieblichen Niederschlagsbedingungen angenommen als bei Daten einer Wetterstation, die häufig weiter entfernt vom Betrieb aufgestellt ist (Paulson et al. 2010; Dalhaus und Finger 2016).²³
- (3) Auf der Grundlage einzelbetrieblicher täglicher Bodenfeuchtedaten (in % der nutzbaren Feldkapazität (nFK)) wird ein „Bodenfeuchteindex“ und ein „Bodenfeuchteüberschussindex“ konstruiert. Annahmegemäß spiegeln Bodenfeuchteindizes die Wachstumsbedingungen besser wider als andere Indizes (Döring et al. 2011; Kellner und Mußhoff 2011). Grund hierfür ist, dass sich entsprechend des Wasserhaltevermögens des Bodens Niederschlagsdefizite oder -überschüsse unterschiedlich stark auf die Bodenfeuchte auswirken (Nieto et al. 2010). Die täglichen Bodenfeuchtedaten sind betriebsspezifisch unter Nutzung eines Bodenwasserhaushaltsmodells bestimmt worden.²⁴
- (4) Zusätzlich wird, Kellner und Mußhoff (2011) folgend, ein „mittlerer Bodenfeuchteindex“ designt. Der Indexwert eines Jahres entspricht der gemessenen mittleren Bodenfeuchte in der Hedging Periode, d. h. dem Mittelwert der Bodenfeuchte innerhalb der phänologischen Phase „Schossen“.

Analysierte Kontrakte: Für alle vier Indizes werden Put- und Call-Optionen untersucht (Definition siehe Abschnitt 1.1), da auf Grund der moderaten Standortbedingungen nicht eindeutig ist, welche Kontraktart zu einer Risikoreduzierung bei den untersuchten Betrieben führt. Auf

²² Die methodische Vorgehensweise zur Berechnung täglicher Rasterniederschlagsdaten ist in Rauthe et al. (2013) beschrieben. Die Daten sind ebenfalls über den ftp-Server des DWD verfügbar (DWD 2018f).

²³ Nachteil dieses Indexes ist das Vorliegen einer Maßstabsverzerrung, da zwar Rasterniederschlagsdaten verfügbar sind, jedoch keine phänologischen Rasterdaten. Somit muss auf die phänologischen Daten des nächstgelegenen Beobachtungsgebietes zurückgegriffen werden. Da das Indexdesign ein Schlüsselement von WIVs darstellt (Hellmuth et al. 2009) und damit auch die Qualität der Datenbasis von erheblicher Bedeutung ist, wurde im Rahmen dieser Forschungsinitiative mit der Entwicklung eines reinen Rasterindex der Bedeutung der Datenqualität nachgegangen. Das Indexdesign und die Bedeutung der verwendeten Datenbasis für das Risikoreduzierungspotenzial von WIVs werden in Möller et al. (2018) ausführlich erläutert. Eine beispielhafte Analyse der HE dieser WIV wurde in Doms et al. (2017a) durchgeführt.

²⁴ Die Bodenfeuchte zu einem bestimmten Zeitpunkt beschreibt, wie viel Wasser einer Pflanze zur Verfügung steht und entspricht der in einem Boden gespeicherten Wassermenge (Osman 2013: 72f.). Die betriebsspezifische tägliche Bodenfeuchte wurde mit Hilfe des Bodenwasserhaushaltsmodells METVER berechnet (Müller und Müller 1988a, 1988b, 1989). Zur Berechnung werden neben den bodenphysikalischen Werten Feldkapazität und Welkepunkt auch pflanzenbezogene Inputdaten (ein Wert, der die phänologische Entwicklung repräsentiert, ein Wert, der die Interzeptionskapazität und ein Wert, der die Durchwurzelungstiefe jeweils in Abhängigkeit der phänologischen Entwicklung berücksichtigt) und als meteorologische Inputdaten die Tagesniederschlagssumme, die Tagesmitteltemperatur sowie die Tagessumme der Globalstrahlung verwendet. Als Hauptfruchtart für die Bestimmung der Bodenfeuchte wurde ebenfalls Winterweizen gewählt (Böttcher 2017). Nachteile der Verwendung der Bodenfeuchtedaten sind, dass diese nicht auf einzelbetrieblicher Ebene öffentlich verfügbar sind und über ein Bodenwasserhaushaltsmodell hergeleitet werden müssen. Folglich sind Versicherungen, denen diese Daten zugrunde liegen, für den Landwirt weniger transparent, als WIVs auf Basis öffentlich zugänglicher Daten des DWDs.

Anhieb ist nicht ersichtlich, ob für die Betriebe hauptsächlich zu trockene oder zu nasse Bedingungen problematisch sind. Dies stellt einen Unterschied zu Betrieben mit extremeren Standortbedingungen dar, bei denen offensichtlich ist, welche Kontraktart zu wählen ist.

In Anbetracht der starken Niederschlagsschwankungen von Jahr zu Jahr (siehe Anhang 3) profitieren die Landwirte unter Umständen von einer Absicherung des Erfolgsrisikos, das durch Trockenheit in einigen Jahren und zu nassen Bedingungen in anderen Jahren ausgelöst wurde. Ein Kontrakttyp, der solche Gegebenheiten berücksichtigt, ist ein Strangle. Dies ist eine Kombination aus einer Put-Option und einer Call-Option mit unterschiedlichen Strike Level, wobei das Strike Level für die Put-Option niedriger ist, als das der Call-Option (Jewson und Brix 2005: 24).²⁵ Dieser Annahme folgend wird beispielhaft für Index (1) und (4) zusätzlich ein Strangle untersucht.

Verwendete Strike Level: Annahmegemäß gibt es ein mittleres Niederschlags- bzw. Bodenfeuchteniveau, welches das Pflanzenwachstum nicht negativ beeinflusst. Dem folgend entspricht das Strike Level der Put-Option einer unteren Grenze und das der Call-Option einer oberen Grenze. Für den Niederschlags- und Rasterniederschlagsindex werden als Strike Level identische untere und obere Grenzen verwendet. Sie entsprechen der durchschnittlichen Länge der Phase „Schossen“ in den unterschiedlichen Regionen multipliziert mit dem minimalen bzw. maximalen täglichen Wasserbedarf von Winterweizen in dieser Hauptwachstumsphase (Roth und Werner 2000: 7, Tab. 5).²⁶

Tab. 5: Verwendete Strike Level (fett markiert) und deren Bestimmung für den Niederschlags- und Rasterniederschlagsindex

Täglicher Wasserbedarf von Winterweizen ¹⁾ (in mm)		Durchschnittliche Länge der Phase „Schossen“ von Winterweizen von 1994 - 2014 ²⁾ (in Tagen)		Wasserbedarf von Winterweizen während der phänologischen Phase „Schossen“ (in mm)			
Min	Max	Niederrheinische Bucht	Niedersächsische Börden	Niederrheinische Bucht		Niedersächsische Börden	
				Min (Strike Level Put-Option)	Max (Strike Level Call-Option)	Min (Strike Level Put-Option)	Max (Strike Level Call-Option)
1,5	2,5	44	31	1,5mm · 44Tage = 66mm ≈ 70mm	2,5mm · 44Tage = 110mm ≈ 110mm	1,5mm · 31Tage = 46,5mm ≈ 50mm	2,5mm · 31Tage = 77,5mm ≈ 80mm

Quelle: ¹⁾Roth und Werner (2000: 7), ²⁾DWD (2018d).

Nach Roth und Werner (2000: 21) ist für eine gute Ausbildung der Ährenanlage eine ausreichende Versorgung mit Wasser während der Phase „Schossen“ bei Getreide nötig. Um dies zu

²⁵ Weitere mögliche Kontraktstrukturen wären Straddles, Spreads oder Baskets (Jewson und Brix 2005: 24f.), die in dieser Studie jedoch nicht analysiert werden.

²⁶ Eine ähnliche Methodik zur Berechnung des Strike Levels wendet auch die VKB (2018) beim Design des Trockenbausteins der ErnteSchutz Vario an.

gewährleisten, sollte sich die Bodenfeuchte zwischen 50 und 70% nFK einstellen.²⁷ Deshalb wurde für alle Bodenfeuchteindizes eine Bodenfeuchte von 50% nFK als Strike Level für die Put-Option und von 70% nFK als Strike Level für die Call-Option festgelegt. Für die bodenfeuchtebasierten Put- und Call-Optionen sind die Strike Level für beide Regionen dieselben. Diese standardisierten Strike Level gelten für alle analysierten Kontraktarten (Put-Option, Call-Option und Strangle).

Tick Size: Aus Vereinfachungsgründen liegt die Tick Size in dieser Studie bei einem Euro je Indexpunkt Unter- bzw. Überschreitung des Strike Levels. Sie gilt für alle analysierten WIVs. Die Tick Size monetisiert die Differenz zwischen dem Index und dem Strike Level (Mußhoff et al. 2008). Sie ist beliebig wählbar, da für jede gegebene Tick Size die Hedgingintensität über das Kontraktvolumen (Hedge Ratio) definiert wird. Die Hedge Ratio entspricht der Kontraktanzahl, die ein Landwirt annahmegemäß innerhalb einer Hedgingstrategie kauft.

Auszahlung, jährlich zu zahlende Versicherungsprämie und Deckungsbeitrag der WIV: Die Auszahlung, die das Versicherungsunternehmen zu leisten hat, ist von der Kontraktstruktur (Put-Option, Call-Option bzw. Strangle) abhängig. In Bezug auf die Zahlungsverpflichtungen hat der Landwirt annahmegemäß allein die versicherungsmathematisch faire Prämie zu zahlen. Der Einsatz einer WIV ist für den Landwirt folglich einkommensneutral, d. h. es fällt kein Aufpreis für die entstehenden Transaktionskosten, die Gewinnprämie und die Prämie für die Übernahme des Risikos an. Diese Annahme gilt, da hier die gesamtbetriebliche HE der WIV von wesentlichem Interesse ist und nicht die Verschiebung des Einkommensniveaus durch das erfolgte Risikomanagement. Deshalb wird von den Kosten, die ein risikoaverser Landwirt im Austausch zur erhaltenen Risikoreduzierung (nicht) akzeptieren würde, abstrahiert. Nach Jewson und Brix (2005: 61) erfolgt die Bestimmung der fairen Prämie mittels Burn-Analyse. Die faire Prämie ist gleich dem Mittelwert der Auszahlungen, die der Landwirt durch das Versicherungsunternehmen erhalten hätte. Durch Subtraktion der fairen Prämie von der erhaltenen Auszahlung in einem bestimmten Jahr errechnet sich der Deckungsbeitrag DB_{WIV} der Aktivität „Kauf einer WIV“ (siehe letzte Zeile, Tab. 4).

Hedge Ratio: Neben der Wahl der Kontraktstruktur müssen Landwirte eine Entscheidung über den Umfang der Hedgingaktivität treffen, d. h. über die Hedge Ratio. Hier ist die Hedge Ratio als Kontraktanzahl je ha, die ein Landwirt innerhalb einer Hedgingstrategie kauft, definiert. Die Hedge Ratio ist auf die Kontraktanzahl je ha normiert, da die Erfolgsgröße, dessen Schwankungen mit Hilfe der analysierten Hedgingstrategien reduziert werden sollen, der normalisierte GDB je ha ist. Bei der gegebenen Tick Size von einem Euro je Indexpunkt wird die risikoreduzierende Wirkung von *einer ex ante definierten Hedge Ratio*²⁸ analysiert und ein Kontrakt je ha an-

²⁷ Bei Wassermangel besteht die Gefahr zu „erhöhter Triebreduktion und damit zu niedriger Anzahl ährentragender Halme“ (Roth und Werner 2000: 21). Ist es zu feucht besteht die „Gefahr zu hoher Bestandesdichten“ (Roth und Werner 2000: 21).

²⁸ Zusätzlich wurden im Rahmen dieser Forschungsinitiative zwei weitere ex ante definierte Hedge Ratios (zwei und drei Kontrakte je ha) analysiert und damit der Einfluss unterschiedlicher Hedge Ratios auf die HE untersucht. Die Ergebnisse für diese beiden Hedge Ratios sind in Anhang 6 aufgeführt. Auf eine detaillierte Darstellung und Interpretation der Ergebnisse dieser Hedgingstrategien wird verzichtet, da die bei der Ein-Kontrakt-je-Hektar Strategie ermittelte HE mit steigenden Hedge Ratios verstärkt wird.

genommen. Die Wahl der standardisierten Hedge Ratio erfolgte willkürlich.

Des Weiteren werden mit Hilfe eines Risikoprogrammierungsansatzes *ex post die Hedge Ratio und das Strike Level „optimiert“* (nicht in Tab. 4 und Tab. 5 dargestellt), die die Volatilität des einzelbetrieblichen GDBs im Zeitraum von 1994 bis 2014 minimiert hätten. Dabei gilt die Nichtnegativitätsbedingung, d. h. das Strike Level und die Hedge Ratio können keine negativen Werte annehmen. Die Optimierung bezieht sich auf die Hedge Ratio und das Strike Level der Hedgingstrategien und nicht auf die Umfänge der Produktionsverfahren. Für die Optimierung wurde der Risk-Optimizer (Palisade 2017) verwendet. Um die Bedingung beim Strangle zu erfüllen (K_p muss kleiner sein als K_c), wurde dies als Restriktion in die Modellformulierung mit aufgenommen.

Die HE, die sich für die ex post „optimierten“ Hedgingstrategien ergeben hätte, stellt keine faire Benchmark für das Risikoreduzierungspotenzial einer WIV dar. Ein Landwirt hätte diese Strategie nicht identifizieren können, da zum Zeitpunkt der Entscheidungsfindung die Gesamtdeckungsbeitragszeitreihe nicht vollständig bekannt gewesen wäre. Ist die Zukunft ähnlich wie die Vergangenheit (keine Diskontinuitäten), liefern die Ergebnisse der ex post „optimierten“ Strategien wertvolle Anhaltspunkte für zukünftige Risikomanagemententscheidungen.

5.3.2 Die Hedgingeffektivität der fiktiven Hedgingstrategien

Die Analyseergebnisse der gesamtbetrieblichen HEs der verschiedenen fiktiven Hedgingstrategien, die mit Hilfe der historischen Simulation ermittelt wurden, werden in diesem Abschnitt präsentiert. Um einen Eindruck über die Eignung einer WIV als Risikomanagementinstrument im landwirtschaftlichen Betrieb zu gewinnen, betrachten die Autoren bisheriger Studien teilweise zunächst den Zusammenhang z. B. zwischen den Erträgen einer bestimmten Kultur und dem Indexverlauf. Eine Möglichkeit ist die Ausweisung von Korrelationen (vgl. z. B. Deng et al. 2007; Berg und Schmitz 2008; Heimfahrth und Mußhoff 2010). In Tab. 6 sind die Pearson Korrelationen zwischen den Winterweizenerträgen und den hypothetischen Auszahlungsströmen der in dieser Studie untersuchten fiktiven WIVs dargestellt.²⁹

Die Korrelationen zwischen den Auszahlungsströmen der verschiedenen Kontrakte und den Winterweizenerträgen variieren stark von Betrieb zu Betrieb. Auf Grund der Bedeutung des Winterweizens für den Erfolg der untersuchten Betriebe (siehe Abschnitt 4.2) stellt eine (hohe) negative Korrelation zwischen dem Ertrag und dem Auszahlungsstrom ein erstes Indiz für das Risikoreduzierungspotenzial einer WIV dar. Für jeden Betrieb ist die höchste negative Korrelation zwischen dem einzelbetrieblichen Ertrag und einem bestimmten Kontrakt grau hervorgehoben. Alle negativen Korrelationen sind fett markiert (siehe Tab. 6).

Das einzelbetriebliche Erfolgsrisiko (Volatilität des GDBs) wird neben Ertragsschwankungen auch durch andere volatile Faktoren beeinflusst (ökonomisches Basisrisiko). Deshalb geben die Korrelationen lediglich Hinweise in Bezug auf das Risikoreduzierungspotenzial von WIVs. Die

²⁹ Die einzelbetrieblichen Winterweizenertragszeitreihen wurden um einen linearen Trend bereinigt, damit Ertragssteigerungen durch technischen Fortschritt berücksichtigt werden, die nicht Teil des eigentlichen Erfolgsrisikos sind.

durchschnittlich höchste negative Korrelation über alle Betriebe ergibt sich für die beiden bodenfeuchtebasierten Put-Optionen – gefolgt von den rasterniederschlags- und niederschlagsbasierten Put-Optionen. Dementsprechend wären die beiden bodenfeuchtebasierten Put-Optionen am aussichtsreichsten, um das Risiko der untersuchten Betriebe zu minimieren. Über die gesamtbetriebliche HE kann an dieser Stelle noch keine Aussage getroffen werden. Im Folgenden wird analysiert, ob und in welchem Ausmaß diese beiden Kontrakte das Erfolgsrisiko der 20 Betriebe reduzieren.

Tab. 6: Pearson Korrelationen zwischen den Winterweizenerträgen und hypothetischen Auszahlungsströmen der zehn standardisierten Wetterindexversicherungskontrakte^{1) 2) 3)}

Betrieb	Niederschlagsindex			Rasterniederschlagsindex		Bodenfeuchteindex I		Bodenfeuchteindex II		
	I Put	II Call	III Strangle	IV Put	V Call	VI Put	VII Call	VIII Put	IX Call	X Strangle
1	-0,27	-0,02	-0,28	-0,26	0,01	-0,19	0,50*	-0,19	0,47*	0,39
2	-0,25	0,35	0,21	-0,14	0,29	-0,19	0,16	-	0,14	0,14
3	-0,04	-0,15	-0,14	-0,02	0,02	0,08	0,26	-	0,17	0,17
4	-0,09	-0,01	-0,06	-0,14	0,12	0,04	0,27	0,06	0,31	0,35
5	-0,25	0,29	0,00	-0,33	0,18	-0,20	0,58**	-	0,61**	0,61**
6	-0,23	-0,17	-0,30	-0,26	0,05	-0,21	-0,09	-	-0,07	-0,07
7	-0,02	-0,21	-0,22	-0,03	-0,29	-0,15	0,13	-	0,23	0,23
8	-0,06	-0,23	-0,26	-0,02	-0,07	0,01	-0,15	-	-0,11	-0,11
9	-0,17	-	-0,17	-0,10	-	0,09	0,18	-0,06	0,20	0,19
10	-0,09	0,05	-0,06	-0,08	0,24	-0,13	0,44	-0,11	0,37	0,37
11	-0,53*	0,14	-0,22	-0,53*	0,15	-0,42	0,02	-0,36	-0,02	-0,11
12	-0,49*	0,09	-0,17	-0,38	0,27	-0,25	0,18	-	0,12	0,12
13	-0,20	-	-0,20	-0,23	-	-0,14	-0,03	-	-0,07	-0,07
14	0,05	-0,04	-0,03	0,05	-0,10	-	-0,01	-	0,03	0,03
15	-0,10	-0,09	-0,16	-0,07	0,06	-0,09	-0,18	-	-0,16	-0,16
16	0,03	0,06	0,07	0,07	0,09	-	0,07	-	0,01	0,01
17	0,10	0,09	0,12	0,06	0,05	-0,34	0,06	-	0,09	0,09
18	-0,15	-0,16	-0,25	-0,15	-0,17	-	0,07	-	0,08	0,08
19	-0,05	0,02	-0,04	-0,01	0,14	-0,05	0,24	-	0,14	0,14
20	-0,07	0,16	0,14	-0,13	0,17	-	0,00	-	0,02	0,02
Anzahl höchster negativer Korrelationen	5 (Rang 1)	1 (Rang 4)	5 (Rang 1)	5 (Rang 1)	2 (Rang 3)	3 (Rang 2)	1 (Rang 4)	0 (Rang 5)	0 (Rang 5)	0 (Rang 5)
Anzahl negative Korrelationen	17 (Rang 1)	9 (Rang 4)	15 (Rang 2)	17 (Rang 1)	4 (Rang 6)	12 (Rang 3)	5 (Rang 5)	4 (Rang 6)	5 (Rang 5)	5 (Rang 5)
Durchschnittliche Korrelation	-0,10 (Rang 3)	0,01 (Rang 4)	-0,10 (Rang 3)	-0,11 (Rang 2)	0,07 (Rang 5)	-0,13 (Rang 1)	0,09 (Rang 7)	-0,13 (Rang 1)	0,08 (Rang 6)	0,09 (Rang 7)

¹⁾ ** = statistisch signifikant auf dem 1% Niveau, * = statistisch signifikant auf dem 5% Niveau. ²⁾ Kein Korrelationskoeffizient bedeutet, dass anhand des entsprechenden Kontrakts nie eine Auszahlung erfolgte. ³⁾ Alle negativen Korrelationen sind fett markiert. Je Betrieb ist die höchste negative Korrelation im Vergleich aller Kontrakt in grau hervorgehoben.

Quelle: Eigene Darstellung.

Die gesamtbetriebliche HE der standardisierten Hedgingstrategien ist in Tab. 7 dargestellt (Informationen zur versicherungsmathematisch fairen Prämie enthält Anhang 7). An dieser Stelle sind ausschließlich die Ergebnisse für die zehn standardisierten WIVs und die standardisierte Hedge Ratio „ein Kontrakt je ha“ dargestellt.

Die HE ist betriebsspezifisch und variiert von Betrieb zu Betrieb. Die höchste positive HE für jeden Betrieb und Kontrakt ist grau hervorgehoben. Alle positiven HEs sind fett markiert. Im Durchschnitt ist die HE für die meisten der analysierten WIVs negativ. Lediglich für die bodenfeuchtebasierte Call-Option II und den bodenfeuchtebasierten Strangle ist die durchschnittliche HE positiv (siehe letzte Zeile Tab. 7). Somit sind die analysierten WIVs im Mittel aller Betriebe weniger effektiv als anhand der Ergebnisse bisheriger Studien anzunehmen wäre (siehe Kapitel 3). Im Durchschnitt steigt bei den meisten analysierten WIVs das Erfolgsrisiko sogar bereits beim Kauf eines Kontrakts je ha an.

Tab. 7: Gesamtbetriebliche HE (in %) für die fiktiven Kontrakte und die standardisierte Hedge Ratio „ein Kontrakt je ha“^(1) 2) (1994 - 2014)

Betrieb	Niederschlagsindex			Rasterniederschlagsindex		Bodenfeuchteindex I		Bodenfeuchteindex II		
	I Put	II Call	III Strangle	IV Put	V Call	VI Put	VII Call	VIII Put	IX Call	X Strangle
1	-4,58	-0,07	-4,62	-5,38	0,14	-23,16	-58,07	-0,19	0,67	0,51
2	-2,36	1,43	-0,81	-2,95	0,16	-1,04	-62,37	0,00	1,49	1,49
3	-0,01	-0,37	-0,35	-0,40	0,21	0,06	-24,70	0,00	0,38	0,38
4	-1,64	1,47	-0,08	-1,61	0,41	-15,38	-51,68	-0,13	2,27	2,14
5	-2,64	0,46	-2,10	-3,19	0,24	-1,03	-64,55	0,00	0,91	0,91
6	-0,59	0,30	-0,25	-0,90	-0,11	0,08	-13,59	0,00	0,54	0,54
7	0,06	0,23	0,33	-0,01	0,04	1,11	-1,85	0,00	0,48	0,48
8	-0,13	0,16	0,08	-0,25	0,01	-0,25	-20,81	0,00	0,50	0,50
9	-1,80	0,00	-1,80	-2,59	0,00	-1,24	-19,05	0,00	1,18	1,20
10	0,02	0,53	0,56	-0,43	0,04	-2,53	16,58	0,00	0,79	0,79
11	-1,05	0,29	-0,64	-0,87	-0,01	-17,55	-141,13	0,01	0,82	0,85
12	-1,01	2,92	2,00	-0,66	-0,17	-0,12	-97,21	0,00	0,29	0,29
13	-0,58	0,00	-0,58	-1,15	0,00	0,21	8,60	0,00	0,62	0,62
14	-0,17	-1,96	-2,07	-0,12	-1,34	0,00	-31,62	0,00	0,08	0,08
15	0,10	0,14	0,33	0,24	-1,86	-1,02	-46,05	0,00	0,72	0,72
16	-0,62	-3,92	-4,46	-0,48	-3,95	0,00	-51,96	0,00	-0,32	-0,32
17	-1,71	-3,10	-4,65	-1,38	-2,48	0,00	-50,00	0,00	0,37	0,37
18	-0,68	2,05	1,42	-0,76	1,96	0,00	-55,73	0,00	0,26	0,26
19	0,77	0,04	0,83	0,36	0,16	-3,43	-31,36	0,00	0,08	0,08
20	-0,75	-2,21	-2,83	-0,76	-1,75	0,00	-33,78	0,00	0,53	0,53
Anzahl höchster positiver HEs	0 (Rang 4)	2 (Rang 2)	1 (Rang 3)	0 (Rang 4)	0 (Rang 4)	1 (Rang 3)	2 (Rang 2)	0 (Rang 4)	11 (Rang 1)	11 (Rang 1)
Anzahl positiver HEs	4 (Rang 5)	12 (Rang 2)	7 (Rang 4)	2 (Rang 6)	10 (Rang 3)	4 (Rang 5)	2 (Rang 6)	1 (Rang 7)	19 (Rang 1)	19 (Rang 1)
Durchschnittliche HE	-0,97 (Rang 6)	-0,08 (Rang 4)	-0,98 (Rang 7)	-1,16 (Rang 8)	-0,41 (Rang 5)	-3,26 (Rang 9)	-41,52 (Rang 10)	-0,02 (Rang 3)	0,63 (Rang 1)	0,62 (Rang 2)

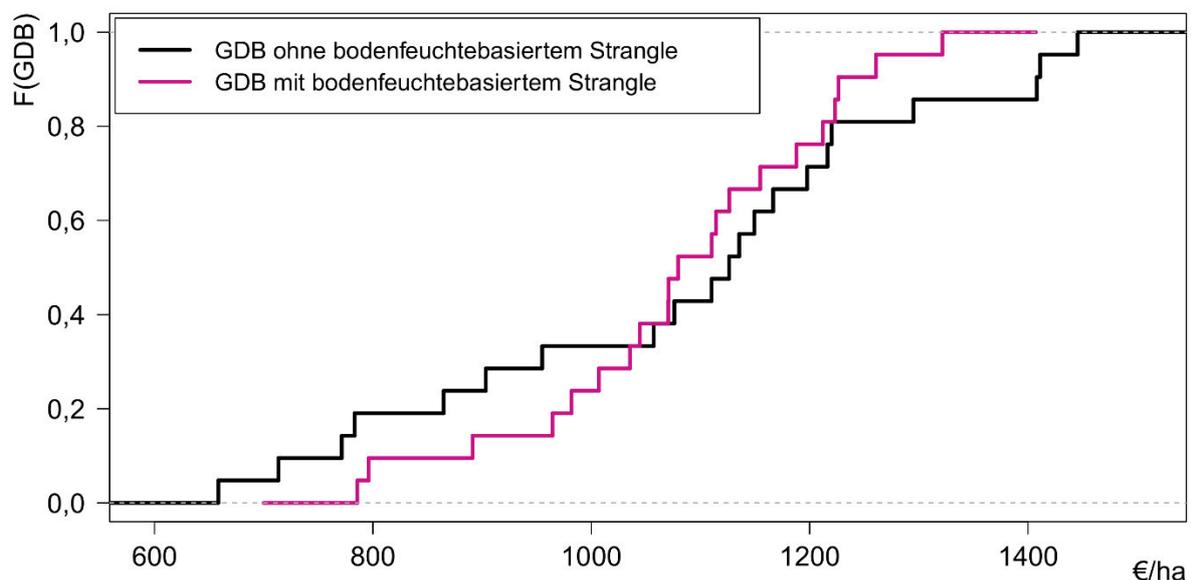
¹⁾ Ein positives (negatives) Vorzeichen der HE bedeutet eine Reduzierung (Steigerung) der Volatilität des einzelbetrieblichen GDBs. ²⁾ Alle positiven HEs sind fett markiert. Die höchste positive HE je Betrieb und Kontrakt ist grau hervorgehoben.

Quelle: Eigene Darstellung.

Tab. 8 zeigt die gesamtbetrieblichen HEs der ex post identifizierten Hedgingstrategien, die zu einer Reduzierung der Volatilität der einzelbetrieblichen GDBs im Beobachtungszeitraum geführt hätten. Alle positiven HEs sind fett hervorgehoben. Die höchste positive HE für jeden Betrieb und Kontrakt ist grau markiert. Tab. 9 enthält für jeden Betrieb die ex post optimierten Hedge Ratios und Strike Level. Entgegen der Ergebnisse des standardisierten Ansatzes ist die HE im Durchschnitt für alle zehn Kontrakte mit ex post optimiertem Strike Level und Hedge Ratio positiv. Des Weiteren wird eine klare Rangfolge bezüglich des Risikoreduzierungspotenzials der einzelnen Kontrakte deutlich. Der bodenfeuchtebasierte Strangle erzielt im Durchschnitt die höchste positive HE. Gleichzeitig ist hier die HE für alle Betriebe positiv, d. h. das Erfolgsrisiko jedes Betriebes sinkt. Als nächstes folgen die bodenfeuchtebasierten Call-Optionen II und I, gefolgt von der niederschlagsbasierten Strangle und der Call-Option.

Am Beispiel von Betrieb 4 ist in Abb. 9 die empirische Verteilungsfunktion des GDBs $F(\text{GDB})$ ohne und mit bodenfeuchtebasiertem Strangle graphisch veranschaulicht. Dieser Betrieb und diese Hedgingstrategie wurden ausgewählt, da hier mit 37,98% die höchste positive HE erzielt wird (vgl. Tab. 8). Bei Betrieb 4 ist die Volatilität der Erfolgsgröße mit ex post optimiertem bodenfeuchtebasiertem Strangle im Vergleich zur Verteilung des GDBs ohne WIV (im Status quo) deutlich geringer. Dies ist an dem steileren Verlauf der empirischen Verteilungsfunktion des GDBs mit bodenfeuchtebasiertem Strangle im Vergleich zu der Verteilungsfunktion ohne WIV erkennbar. Mit bodenfeuchtebasiertem Strangle verläuft die Funktion der Erfolgsgröße insbesondere im mittleren Bereich steiler als in den Randbereichen. In der Vergangenheit hätte in 60% der Fälle mit WIV ein GDB zwischen 950 und 1 200€/ha erzielt werden können. Ohne WIV beträgt die Wahrscheinlichkeit nur 40%. Des Weiteren ist die Anzahl der Werte unter 950€/ha bzw. über 1 200€/ha mit bodenfeuchtebasiertem Strangle deutlich geringer als ohne WIV. Darüber hinaus schneiden sich die Verteilungsfunktionen ohne und mit WIV. Die Fläche zwischen den beiden Funktionen unter- und oberhalb des Schnittpunktes ist gleich groß, da die WIV annahmegemäß zur fairen Prämie eingesetzt wird (siehe Abschnitt 5.3.1).

Abb. 9: Empirische Verteilung des GDBs ohne und mit bodenfeuchtebasiertem Strangle, Betrieb 4



Quelle: Eigene Darstellung.

Wie erwartet kann ein höheres Risikoreduzierungspotenzial der WIVs beobachtet werden, wenn mehr Informationen genutzt werden, als dem Landwirt zum Entscheidungszeitpunkt in der Vergangenheit zur Verfügung standen.

Die optimalen Strike Level und Hedge Ratios variieren erheblich von Betrieb zu Betrieb (siehe Tab. 9). Informationen zur fairen Prämie enthält Anhang 8. Einen Überblick über die Hedgingintensitäten gibt Anhang 9. Die Hedgingintensität entspricht in dieser Arbeit der fairen Prämie multipliziert mit der Hedge Ratio.

Tab. 8: Gesamtbetriebliche HE (in %) für die fiktiven Kontrakte mit optimiertem Strike Level und Hedge Ratio^{1) 2)} (1994 - 2014)

Betrieb	Niederschlagsindex			Rasterniederschlagsindex		Bodenfeuchteindex I		Bodenfeuchteindex II		
	I Put	II Call	III Strangle	IV Put	V Call	VI Put	VII Call	VIII Put	IX Call	X Strangle
1	0,00	4,78	4,78	0,00	5,62	0,00	3,81	0,00	5,73	5,73
2	0,00	10,21	10,21	0,00	14,10	0,00	6,25	0,00	13,11	13,11
3	0,02	0,22	0,22	0,05	2,92	1,55	4,62	2,00	4,66	12,75
4	0,00	4,39	4,39	0,00	5,01	0,00	18,76	0,00	37,83	37,98
5	0,00	7,19	7,19	0,00	6,46	0,00	3,66	0,05	4,60	4,80
6	0,09	4,16	4,87	0,00	4,47	0,32	5,97	0,26	12,32	12,32
7	1,40	1,57	2,36	1,40	0,31	2,50	7,88	3,29	12,13	23,88
8	0,09	0,69	0,69	0,00	0,43	0,00	6,28	0,25	4,30	5,18
9	0,03	11,19	11,19	0,06	2,04	0,37	6,49	0,37	7,79	8,60
10	0,17	3,81	3,89	0,13	5,57	0,00	19,52	0,00	16,55	17,10
11	0,00	2,24	2,24	0,00	1,84	0,01	5,16	0,01	7,60	7,87
12	0,00	6,42	6,42	0,28	2,94	0,00	0,28	0,28	0,63	0,84
13	1,52	0,52	1,52	0,28	1,39	1,06	8,22	1,25	9,54	12,90
14	0,79	0,00	0,79	0,17	0,00	0,43	2,35	0,74	7,37	7,37
15	0,33	0,47	1,29	1,00	0,00	0,21	3,75	0,08	12,62	12,62
16	1,34	0,00	1,34	2,14	0,00	12,84	0,21	2,83	6,15	6,15
17	0,00	0,03	0,03	0,03	0,10	0,62	1,37	0,01	5,59	5,64
18	0,19	8,44	8,59	0,19	7,47	1,57	4,47	0,45	4,75	4,92
19	2,42	0,06	3,18	0,55	0,78	0,00	0,00	0,00	0,14	0,14
20	0,00	0,01	0,01	0,00	0,13	0,63	6,30	0,00	12,98	12,98
Anzahl höchster positiver HEs	0 (Rang 6)	3 (Rang 3)	5 (Rang 2)	0 (Rang 6)	1 (Rang 5)	1 (Rang 5)	2 (Rang 4)	0 (Rang 6)	5 (Rang 2)	11 (Rang 1)
Anzahl positiver HEs	12 (Rang 6)	18 (Rang 3)	20 (Rang 1)	12 (Rang 6)	17 (Rang 4)	12 (Rang 6)	19 (Rang 2)	14 (Rang 5)	20 (Rang 1)	20 (Rang 1)
Durchschnittliche HE	0,42 (Rang 9)	3,32 (Rang 5)	3,76 (Rang 4)	0,31 (Rang 10)	3,08 (Rang 6)	1,11 (Rang 7)	5,77 (Rang 3)	0,59 (Rang 8)	9,32 (Rang 2)	10,64 (Rang 1)

¹⁾ Eine positive HE bedeutet eine Reduzierung der Volatilität des einzelbetrieblichen GDBs. ²⁾ Alle positiven HEs sind fett markiert. Die höchste positive HE je Betrieb und Kontrakt ist grau hervorgehoben.
Quelle: Eigene Darstellung.

Tab. 9: Ex post optimierte (opt.) Strike Level und Hedge Ratios für die einzelnen Betriebe^{1) 2)}

Betrieb	Niederschlagsindex							Rasterniederschlagsindex				Bodenfeuchteindex I				Bodenfeuchteindex II						
	I Put		II Call		III Strangle			IV Put		V Call		VI Put		VII Call		VIII Put		IX Call		X Strangle		
	Opt. Strike Level	Opt. Hedge Ratio	Opt. Strike Level	Opt. Hedge Ratio	Opt. Strike Level K_p	Opt. Strike Level K_c	Opt. hedge ratio	Opt. Strike Level	Opt. Hedge Ratio	Opt. Strike Level	Opt. Hedge Ratio	Opt. Strike Level	Opt. Hedge Ratio	Opt. Strike Level	Opt. Hedge Ratio	Opt. Strike Level	Opt. Hedge Ratio	Opt. Strike Level	Opt. Hedge Ratio	Opt. Strike Level K_p	Opt. Strike Level K_c	Opt. Hedge Ratio
	mm	Ktr./ha	mm	Ktr./ha	mm	mm	Ktr./ha	mm	Ktr./ha	mm	Ktr./ha	%	Ktr./ha	%	Ktr./ha	%	Ktr./ha	%	Ktr./ha	%	%	%
1	0,00	0,00	55,47	2,71	0,00	55,47	2,71	0,00	0,00	42,37	1,95	0,00	0,00	98,98	19,55	0,00	0,00	91,87	148,25	0,00	91,87	148,25
2	0,00	0,00	24,26	2,38	0,00	24,26	2,38	0,00	0,00	5,69	3,81	0,00	0,00	95,16	3,80	0,00	0,00	83,88	54,09	0,00	83,88	54,09
3	73,70	0,42	143,37	4,45	0,00	143,37	4,45	24,46	3,21	60,16	3,41	71,64	0,30	79,41	0,57	66,13	39,78	76,65	22,57	74,74	74,80	35,12
4	0,00	0,00	23,03	1,67	0,00	23,03	1,67	0,00	0,00	43,72	2,61	0,00	0,00	74,29	0,38	0,00	0,00	81,00	47,49	41,07	81,00	48,23
5	0,00	0,00	19,25	2,31	15,54	19,25	2,34	0,00	0,00	0,57	2,31	0,00	0,00	73,53	0,20	62,57	14,79	72,31	9,81	67,17	70,41	8,87
6	44,99	4,02	45,00	3,02	45,00	45,00	3,47	0,00	0,00	37,72	4,30	71,10	0,15	90,10	2,12	70,57	6,75	79,44	52,52	0,00	79,44	52,52
7	36,72	49,62	88,70	3,11	61,89	88,65	4,07	36,74	21,89	67,75	1,33	62,61	0,76	81,43	1,10	67,08	28,94	81,63	110,83	69,42	70,43	60,04
8	87,80	0,77	87,80	1,33	0,00	87,80	1,33	0,00	0,00	67,97	1,54	0,00	0,00	96,82	13,38	67,08	5,55	76,13	22,49	66,11	76,13	22,59
9	30,40	0,87	107,55	463,55	0,00	107,55	463,55	29,61	1,25	34,57	1,90	34,66	7,62	67,46	0,29	42,93	231,79	87,44	51,48	63,45	63,45	11,09
10	60,40	1,74	103,90	10,61	33,69	103,90	9,60	51,65	1,96	51,65	5,85	0,00	0,00	76,51	1,27	0,00	0,00	72,48	43,72	53,50	71,81	43,72
11	0,00	0,00	157,15	14,59	0,00	157,15	14,59	0,00	0,00	87,80	1,64	10,62	6,63	89,38	0,54	43,43	11,90	83,43	25,43	44,43	83,11	24,74
12	0,00	0,00	115,10	3,84	0,00	115,10	3,84	27,58	12,31	53,74	2,14	0,00	0,00	64,15	0,03	60,26	22,17	82,40	9,68	61,57	61,57	3,17
13	13,20	14,81	13,50	1,70	13,20	76,98	14,81	6,05	14,99	6,05	2,66	73,95	0,25	83,53	2,56	68,76	18,81	78,26	30,91	75,75	75,75	29,53
14	234,12	0,82	0,00	0,00	234,12	300,00	0,82	247,24	0,40	0,00	0,00	53,55	9,44	88,69	1,02	71,92	8,05	85,65	122,09	0,00	85,65	122,09
15	29,00	13,87	60,60	0,95	60,58	60,60	1,84	30,90	7,14	0,00	0,00	45,32	17,77	82,71	0,52	72,64	1,22	78,14	29,76	0,00	78,14	29,70
16	199,67	1,00	0,00	0,00	199,67	199,99	1,00	248,57	1,24	0,00	0,00	55,11	19,54	89,66	0,32	82,33	7,47	86,08	107,41	0,00	86,08	107,41
17	0,00	0,00	4,60	0,12	0,00	4,60	0,12	25,76	24,99	25,76	0,23	52,30	8,13	85,74	0,41	58,88	9,65	88,32	349,80	57,83	85,20	75,00
18	26,20	45,87	74,90	6,12	28,00	74,90	6,12	22,82	19,82	76,25	6,01	53,59	11,19	96,18	8,02	71,92	4,42	85,84	71,80	59,38	85,84	72,55
19	73,60	2,97	96,19	9,76	73,60	73,60	3,59	41,03	2,23	69,29	4,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,20	1,33	0,00	16,20	1,33
20	0,00	0,00	5,54	0,08	0,00	5,54	0,08	0,00	0,00	0,09	0,29	54,06	31,41	84,01	0,78	0,00	0,00	88,72	279,41	0,00	88,72	279,41

¹⁾ Die Strike Level K_p und K_c des niederschlagsbasierten Strangle variieren teilweise nur in den Nachkommastellen bzw. der 5. Nachkommastelle (siehe Betrieb 6,15,16,19). Beim bodenfeuchtebasierten Strangle trifft dies auf die Betriebe 3,9,12,13 zu. K_p und K_c fallen quasi zusammen. in diesen Fällen ist der ex post optimierte Strangle einem Straddle sehr ähnlich. Ein Straddle ist ebenfalls eine Kombination aus Put- und Call-Option, allerdings sind hier im Gegensatz zum Strangle die Strike Level der Put- und der Call-Option gleich (Jewson und Brix 2005: 24). ²⁾ Ktr./ha bedeutet Kontrakte je Hektar.

Quelle: Eigene Darstellung.

Eine Zusammenfassung der Korrelationen und der erzielten gesamtbetrieblichen HEs aus den 20 Hedgingstrategien ist in Tab. 10 dargestellt. Die 20 Hedgingstrategien setzen sich aus zehn standardisierten Strategien und zehn ex post optimierten Strategien zusammen.

Tab. 10: Zusammenfassung der Korrelationen und gesamtbetrieblichen HE¹⁾
(N=20, 1994 - 2014)

	Niederschlagsindex			Rasterniederschlags- index		Bodenfeuchteindex I		Bodenfeuchteindex II		
	⓪ Put	Ⓛ Call	Ⓜ Strangle	Ⓧ Put	Ⓨ Call	Ⓩ Put	ⓓ Call	ⓔ Put	ⓕ Call	ⓖ Strangle
Korrelationen										
Anzahl Betriebe mit negativen Korrelationen	17 (Rang 1)	9 (Rang 4)	15 (Rang 2)	17 (Rang 1)	4 (Rang 6)	12 (Rang 3)	5 (Rang 5)	4 (Rang 6)	5 (Rang 5)	5 (Rang 5)
Durchschnittliche Korrelation	-0,10 (Rang 3)	0,01 (Rang 4)	-0,10 (Rang 3)	-0,11 (Rang 2)	0,07 (Rang 5)	-0,13 (Rang 1)	0,09 (Rang 7)	-0,13 (Rang 1)	0,08 (Rang 6)	0,09 (Rang 7)
Gesamtbetriebliche HE für die standardisierten fiktiven Kontrakte (Ein-Kontrakt-je-Hektar Hedge Ratio)										
Anzahl Betriebe mit positiver gesamtbetrieblicher HE	4 (Rang 5)	12 (Rang 2)	7 (Rang 4)	2 (Rang 6)	10 (Rang 3)	4 (Rang 5)	2 (Rang 6)	1 (Rang 7)	19 (Rang 1)	19 (Rang 1)
Durchschnittliche gesamtbetriebliche HE	-0,97 (Rang 6)	-0,08 (Rang 4)	-0,98 (Rang 7)	-1,16 (Rang 8)	-0,41 (Rang 5)	-3,26 (Rang 9)	-41,52 (Rang 10)	-0,02 (Rang 3)	0,63 (Rang 1)	0,62 (Rang 2)
Gesamtbetriebliche HE der fiktiven Kontrakte mit ex post optimierter Hedge Ratio und Strike Level										
Anzahl Betriebe mit positiver gesamtbetrieblicher HE	12 (Rang 6)	18 (Rang 3)	20 (Rang 1)	12 (Rang 6)	17 (Rang 4)	12 (Rang 6)	19 (Rang 2)	14 (Rang 5)	20 (Rang 1)	20 (Rang 1)
Durchschnittliche gesamtbetriebliche HE	0,42 (Rang 9)	3,32 (Rang 5)	3,76 (Rang 4)	0,31 (Rang 10)	3,08 (Rang 6)	1,11 (Rang 7)	5,77 (Rang 3)	0,59 (Rang 8)	9,32 (Rang 2)	10,64 (Rang 1)

¹⁾ Ein positives (negatives) Vorzeichen der HE bedeutet einen Reduzierung (Steigerung) der Volatilität des einzelbetrieblichen GDBs.

Quelle: Eigene Darstellung.

Folgende vier Kernergebnisse lassen sich ableiten:

1. Das einzelbetriebliche Erfolgsrisiko wird erheblich durch das ökonomische Basisrisiko beeinflusst, da neben Ertragsschwankungen auch andere Risikoquellen zur Volatilität des einzelbetrieblichen GDBs beitragen. Dementsprechend stehen die gesamtbetrieblichen HEs im vollständigen Gegensatz zu den Erwartungen, welche auf Grund der Korrelationsergebnisse zwischen den hypothetischen Auszahlungsströmen der WIVs und den Winterweizen-erträgen vordergründig ableitbar wären (siehe Tab. 6). Die Korrelationen liefern keinerlei aussagekräftigen Hinweise bezüglich des gesamtbetrieblichen Risikoreduzierungspotenzials der fiktiven WIVs.

2. In Anbetracht der moderaten Standortbedingungen in den Untersuchungsregionen war eine geringe einzelbetriebliche Risikoreduzierung bei Einsatz der standardisierten Kontrakte vorhersehbar. Diese sind einfach designt und beruhen auf allgemeinem pflanzenbaulichem Wissen. Allerdings sind diese WIVs zur Risikoreduzierung weniger geeignet als erwartet. Durch den Einsatz der meisten standardisierten Kontrakte als Risikomanagementinstrument – außer der bodenfeuchtebasierten Call-Option II und den bodenfeuchtebasierten Strangles – wäre das Erfolgsrisiko im Durchschnitt und für die Mehrheit der Betriebe gestiegen.
3. Im Vergleich zu den standardisierten Verträgen hätte sich bei den ex post optimierten Strategien eine positive gesamtbetriebliche HE ergeben. Einerseits ist es beachtlich, dass die HE im Durchschnitt und für die Mehrheit der 20 Betriebe bei allen Kontrakten positiv gewesen wäre. Andererseits hätte eine geringe Anzahl der Betriebe (zwischen einem bis acht der 20 Betriebe abhängig vom Kontrakt) keine Risikoreduzierung durch das Hedging erzielt.
4. Über alle Kontrakte hinweg übertreffen die Strangles und Call-Optionen die analysierten Put-Optionen. Auf Grund dessen kann unter Berücksichtigung der getroffenen Annahmen folgende Schlussfolgerung gezogen werden: Die Untersuchungsregionen sind zum einen eher zu nassen als zu trockenen Bedingungen ausgesetzt. Zum anderen sind sie mit wechselnden Bedingungen, d. h. zu trockene Bedingungen in einem Jahr und zu nasse Bedingungen in anderen Jahren, konfrontiert. Für Letzteres spricht die Überlegenheit des bodenfeuchtebasierten Strangle mit einer durchschnittlichen HE in Höhe von 10,64% im Vergleich zu den anderen Kontraktvarianten. Werden ähnliche zukünftige Standortbedingungen angenommen, kann der Landwirt aus den vergangenen 21 Jahren Informationen ableiten, um in der Zukunft bessere Risikomanagemententscheidungen zu treffen. Gibt es keine Diskontinuitäten, sollten landwirtschaftliche Entscheidungsträger Hedgingstrategien auf der Grundlage bodenfeuchtebasierter Strangle oder Call-Optionen mit optimiertem Strike Level und Hedge Ratio bevorzugen. Die Überlegenheit von bodenfeuchtebasierten WIVs stimmt mit den Ergebnissen von Kellner und Mußhoff (2011) überein. In dieser Studie stellten die Autoren ebenfalls eine Verbesserung des Risikoreduzierungspotenzials durch bodenfeuchtebasierte WIVs im Vergleich zu niederschlagsbasierten WIVs mit Hilfe eines gesamtbetrieblichen Risikoprogrammierungsansatzes fest.

Landwirte in Regionen mit moderaten Standortbedingungen können beim Kauf von standardisierten WIVs nicht unbedingt auf eine Risikoreduzierung vertrauen. Für Regionen mit extremen Standortbedingungen, die entweder durch zu trockene oder zu nasse Bedingungen für eine gute Ernte charakterisiert sind, kann dies anders aussehen. Die Einordnung der jeweiligen Standortbedingungen ist nicht immer eindeutig. Deshalb müssen Landwirte, analog zu anderen betriebswirtschaftlichen Entscheidungen, ihre Risikomanagemententscheidung auf der Grundlage einzelbetrieblicher Berechnungen treffen.

Aus der Perspektive eines Versicherungsunternehmens, das möglichst wirksame Instrumente anbieten möchte, wird anhand der Ergebnisse die Herausforderung im Design einer WIV deutlich. Diese besteht nicht ausschließlich in der Ermittlung eines geeigneten Indexes. Auch die

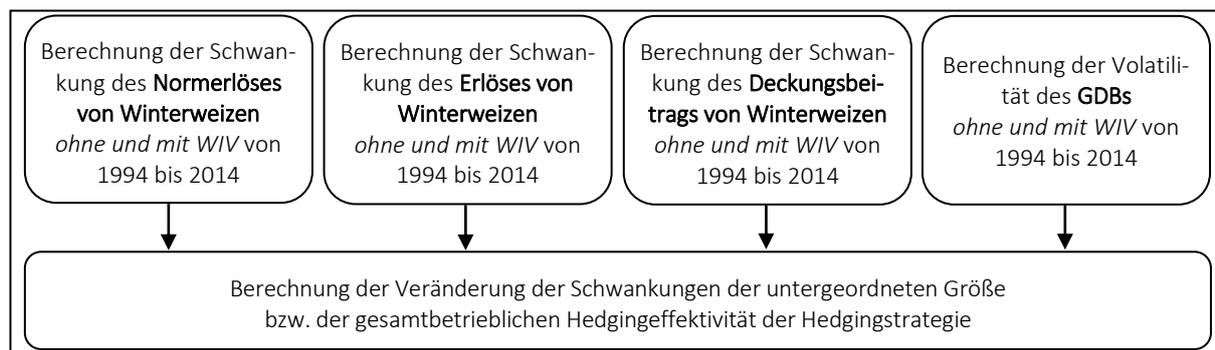
Wahl der Kontraktstruktur (Put-Option, Call-Option oder Strangle) und der entsprechenden Kontraktparameter, wie dem Strike Level, ist entscheidend.

5.4 Analyse von Hedgingstrategien basierend auf einem Marktangebot

Im Gegensatz zu fiktiven Hedgingstrategien waren aktuell verfügbare Marktangebote für landwirtschaftliche Betriebe und speziell für Ackerbaubetriebe in Deutschland bisher noch nicht Gegenstand der Forschung (siehe Kapitel 3). Die Analyse solcher Angebote ist jedoch von besonderer Bedeutung für Landwirte, damit diese mehr Informationen bezüglich der angebotenen WIVs gewinnen können. Aus diesem Grund wird im Folgenden die gesamtbetriebliche HE von Strategien basierend auf der „Wettersversicherung“ der gvf Versicherungsmakler AG³⁰ (gvf) ermittelt (gvf 2014). Dadurch leistet diese Arbeit einen Beitrag zur Erhöhung der Markttransparenz, so dass Landwirte ihre Hedgingentscheidungen bewusster treffen können. Wie bei den fiktiven Hedgingstrategien erfolgt die Bestimmung der HE des Marktangebots auf der Ebene des GDBs. Zusätzlich zur Analyse des gesamtbetrieblichen Risikoreduzierungspotenzials umfasst dieses Kapitel die Untersuchung, wie der Einsatz der WIV die Schwankungen untergeordneter Größen verändert. Diese sind die (Norm-)Erlöse und der Deckungsbeitrag von Winterweizen. Die Betrachtung der Wirkung der WIV auch auf diesen untergeordneten Ebenen verdeutlicht den Einfluss anderer Risikoquellen auf deren gesamtbetriebliches Risikoreduzierungspotenzial. Für den Landwirt als Unternehmer ist weiterhin die gesamtbetriebliche HE, d. h. die HE auf Gesamtdeckungsbeitragsebene, von wesentlichem Interesse, da neben den Ertragschwankungen andere Risikoquellen maßgeblich zum Erfolgsrisiko beitragen.

Die Untersuchung der am Markt angebotenen WIV folgt der in Abschnitt 5.2 beschriebenen Vorgehensweise. Neben der gesamtbetrieblichen HE wird zusätzlich die Veränderung der Schwankungen des Normerlöses, des Erlöses bzw. des Deckungsbeitrags des Winterweizens durch den Einsatz der WIV analysiert (siehe Abb. 10).

Abb. 10: Berechnung der Hedgingeffektivität des Marktangebots auf unterschiedlichen Erfolgsebenen



Quelle: Eigene Darstellung.

Die Normerlöse entsprechen den zu konstanten Preisen bewerteten einzelbetrieblichen Winterweizenerträgen von 1994 bis 2014. Die Erlöse sind die historischen jährlichen Winterweizen-

³⁰ Die gvf Versicherungsmakler AG ist ein Spezialmakler, der eigene Produkte konzipiert (gvf 2018). Nach der Produktentwicklung werden Versicherungsunternehmen gesucht, die Risikoträger in dem Versicherungsvertrag werden (Mahler 2018).

erträge multipliziert mit den erzielten historischen Erntepreisen im jeweiligen Jahr. Die Deckungsbeiträge von Winterweizen berechnen sich durch Subtraktion der historischen variablen Kosten von den historischen Erlösen (für weitere Informationen bezüglich der einzelbetrieblichen Daten siehe Abschnitt 4.2).³¹ Im Folgenden werden zunächst die Hedgingstrategien, die anhand des Marktangebots hergeleitet werden, erläutert und dann die Ergebnisse präsentiert.

5.4.1 Die untersuchten Hedgingstrategien

Die Analyse umfasst fünf reale Hedgingstrategien, die im Folgenden erläutert werden. Im Gegensatz zu den standardisierten, fiktiven WIVs, die in Abschnitt 5.3.1 konzipiert wurden, beruht das Marktangebot nicht auf standardisierten Indizes. Vielmehr designt die gvf einen betriebs- und fruchtartenspezifischen Mischindex in Form eines Prognoseertrags $y_{t,Prog}$ (in dt/ha). Konkret entspricht der Wert des Indexes I im Jahr t einem prognostizierten Hektarertrag, auch als Indexertrag bezeichnet. Die Auszahlung P je Jahr t ist abhängig von einem vertraglich definiertem Strike Level K , der Tick Size V und dem jährlich ermittelten Indexwert I_t . Eine Auszahlung wird ausgelöst, wenn der Index dieses Strike Level unterschreitet. Dann erfolgt eine Auszahlung je Indexpunkt, den der Indexertrag das Strike Level unterschreitet. Ein Indexpunkt entspricht einer Dezitonne (dt) je ha. Die Versicherung von solchen „Mindererträgen“ impliziert, dass es sich bei dem Angebot um eine Put-Option mit folgender Auszahlungsstruktur handelt:

$$P_t = V * \max(K - I_t; 0) \quad (17)$$

Der betriebliche Schaden ist auch bei diesem Marktangebot nicht versichert. Eine Auszahlung ist weiterhin abhängig von der Ausprägung des betriebs- und fruchtartenspezifischen Indexes.³² Auch bei dieser WIV können betriebliche Schäden auftreten, aber keine Zahlung aus der WIV erfolgen oder der Landwirt erhält eine Zahlung, obwohl kein Schaden eingetreten ist.

Hedging Periode und Bildung des betriebs- und fruchtartenspezifischen Indexes: In die Berechnung des fruchtartenspezifischen Indexes fließen verschiedene Wettervariablen in verschiedenen Hedging Perioden³³ sowie einzelbetriebliche Daten, z. B. in Form der Ertragszeitreihe einer Referenzfruchtart ein. Ziel ist es, einen Index zu ermitteln, der mit den betrieblichen Erträgen hoch korreliert ist und damit ein möglichst geringes herkömmliches Basisrisiko (siehe Abschnitt 1.1) aufweist. Durch statistische Analyse wird auf der Grundlage der genannten Informationen der jährliche Ertrag der Referenzfruchtart prognostiziert. Entsprechend der Höhe des Indexertragswertes in einem Jahr und in Abhängigkeit vom Strike Level entscheidet sich, ob eine Auszahlung ausgelöst wird. Auf Grund der komplexen Indexberechnung ist der Zahlungsanspruch ohne die zugrundeliegende Formel nicht nachprüfbar. Deshalb erhält der Kunde selbige beim Vertragsabschluss. Sie ist allgemein in folgender Gleichung dargestellt:

³¹ Die historischen jährlichen Winterweizenerträge der einzelnen Betriebe wurden um einen linearen Trend bereinigt. Die historischen jährlichen Erntepreise und die historischen jährlichen Deckungsbeiträge von Winterweizen wurden um die Inflation und einen linearen Trend bereinigt.

³² Zur Auszahlung ist eine Schadenmeldung nötig, wie bei jedem anderen Versicherungsprodukt auch. Mit dieser beginnt die Prüfung, ob es gemäß Index zu einer Auszahlung kommt.

³³ Die gvf nutzt für die Herleitung der Hedging Periode Kalendermonate und nicht phänologische Phasen.

$$I_t = y_{t,prog} = \alpha + \beta_1 \cdot Var1 + \beta_2 \cdot Var2 \quad (18)$$

Hierbei ist I_t der Indexertragswert bzw. der Prognoseertrag $y_{t,prog}$ in Jahr t . α entspricht einer Konstanten. β_1 und β_2 beschreiben die Parameter, mit denen die für den Winterweizenertrag relevanten Wettervariablen $Var1$ und $Var2$ gewichtet werden. $Var1$ kann z. B. dem kumulativen Niederschlag im Oktober und November entsprechen. Die zweite Wettervariable $Var2$ kann die Anzahl an Tagen mit Höchsttemperaturen über 31°C von Mai bis einschließlich Juli im Jahr t umfassen. Den Landwirten sind die Konstante, die Koeffizienten und der Wert der Wettervariablen bekannt, so dass die Ermittlung des Indexertragswertes nachvollziehbar ist. Für die untersuchten Betriebe sind die relevanten Wettervariablen in Tab. 11 spezifiziert (siehe S. 51).

Die Indexermittlung ist unter anderem für folgende Kulturen möglich: Winter- und Sommerweizen, Winter- und Sommergerste, Körner- und Futtermais, Roggen, Zuckerrüben sowie Winterraps. Die Versicherung kann eine oder mehrere Kulturen umfassen. Im Fall mehrerer Kulturen wird ein Portfolio von Verträgen abgeschlossen.

Die Referenzfruchtart für die Analyse des Marktangebots ist in dieser Studie die Fruchtart Winterweizen. Diese wurde auf Grund ihrer Relevanz für den Erfolg der Betriebe sowie der über den gesamten Beobachtungszeitraum lückenlos verfügbaren Zeitreihen gewählt (siehe Abschnitt 4.2). Die gvf erstellte für alle 20 Betriebe ein Indexangebot ex post. Der zur Verfügung gestellte Datensatz umfasste den Indexverlauf von 1994 bis 2014 für alle 20 Betriebe.

Mögliche betriebsspezifische fruchtartenrelevante Wettervariablen: Zu den möglichen Wettervariablen zählen Frost, Hitze, Unter- oder Überschreitung von Temperaturgrenzen, Unter- oder Überschreitung von individuell vereinbarten Niederschlagsmengen sowie Wachstumsgradtage (ausführliche Darstellung möglicher Wettervariablen siehe Anhang 10) in verschiedenen Hedging Perioden. In der Regel fließen zwei oder drei Wettervariablen in das Indexdesign ein. Zur Erhebung der Wetterinformationen nutzt die gvf sämtliche verfügbare, öffentliche Wetterstationen (Mahler 2017).

Strike Level: Das Strike Level unterhalb dessen eine Auszahlung erfolgt, ist betriebsspezifisch. Anhand eines „Basis Strike Levels“ (Strike Level I) leitet der Spezialmakler weitere Strike Level ab. Das „Basis Strike Level“ entspricht dem durchschnittlichen Ernteertrag von 1994 bis 2014.³⁴ Der Abschluss eines Vertrages, der auf diesem „Basis Strike Level“ beruht, ist in der Realität nicht möglich, da eine Zahlung sehr häufig und auch bei geringen Abweichungen vom Strike Level erfolgen würde. Dies würde zu einer entsprechend hohen Gesamtprämie führen. Folgende Strike Level stehen dem Landwirt in Realität bei einem Vertragsabschluss zur Auswahl:

1. Durchschnittlicher Ernteertrag abzüglich 10% (Strike Level II)
2. Durchschnittlicher Ernteertrag abzüglich 15% (Strike Level III)
3. Durchschnittlicher Ernteertrag abzüglich 20% (Strike Level IV)
4. Durchschnittlicher Ernteertrag abzüglich 25% (Strike Level V)

³⁴ Dabei handelt es sich um den trendbereinigten Ernteertrag.

Einem Experten der gvf zur Folge sind Strike Level IV und V die meist gewählten Strike Level. Dies ist auf Grund der niedrigeren zu zahlenden Gesamtprämie im Vergleich zu den anderen Strike Level der Fall. Vereinzelt wird auch die 15%-Variante gewählt (Hanke 2017).

Tick Size: Der Auszahlungsbetrag je Indexpunkt wird in Kommunikation mit dem Landwirt unter Berücksichtigung des versicherten Erntepreises (€/dt), des durchschnittlichen Hektarertrags und der versicherten Fläche ermittelt (Mahler 2017). Für diese Studie gilt aus Gründen der Vereinfachung und Vergleichbarkeit die gleiche Tick Size für alle Betriebe in Höhe von 17€ je dt, was ungefähr dem durchschnittlich erzielten Erntepreis für Winterweizen der Betriebe im Beobachtungszeitraum entspricht.

Auszahlung, jährlich zu zahlende Versicherungsprämie und Deckungsbeitrag der WIV: Die Auszahlung ist auch bei diesem Angebot abhängig von der Kontraktstruktur. Wie bei den fiktiven Hedgingstrategien hat der Landwirt annahmegemäß lediglich die faire Prämie zu zahlen (siehe Abschnitt 5.3.1), die mittels Burn-Analyse bestimmt wird. Konkrete Angaben zu Preisen machte die gvf nicht. Der Deckungsbeitrag der Aktivität ist, wie bei den fiktiven WIVs, gleich der hypothetischen jährlichen Auszahlung abzüglich der fairen Prämie (siehe letzte Zeile, Tab. 4, Abschnitt 5.3.1).

Hedge Ratio: Bei drei der gegebenen Strike Level wird *eine ex ante definierte Hedge Ratio* analysiert. Annahmegemäß erwirbt der Landwirt einen Kontrakt je ha. Unter Berücksichtigung der gewählten Tick Size entspricht diese Kombination ungefähr dem erwarteten Schadensausgleich. Die Analyse dieser Hedgingstrategie erfolgt anhand der (Norm-)Erlös-, Deckungsbeitrags- und Gesamtdeckungsbeitragsebene.

Zusätzlich wird, ähnlich der Vorgehensweise in Abschnitt 5.3.1, auf Basis eines Risikoprogrammierungsansatzes bei zwei der gegebenen Strike Level *ex post jene Hedge Ratio „optimiert“*. Sie kann dabei keine negativen Werte annehmen. Der Fokus liegt hier ausschließlich auf der Gesamtdeckungsbeitragsebene. An dieser Stelle erfolgt lediglich die Optimierung der Hedge Ratio, da verschiedene Strike Level durch den Anbieter vorgegeben sind und der Landwirt nur aus diesen eins wählen kann. Die Optimierung erfolgt mit dem RiskOptimizer (Palisade 2017).

Einen Überblick über die durch den Spezialmakler bereitgestellten Informationen gibt Tab. 11. Dazu zählen die fruchtartenrelevanten Wettervariablen und die Strike Level.³⁵ Das Strike Level I entspricht dem durchschnittlichen Winterweizenertrag über dem Beobachtungszeitraum. Zusätzlich ist das Bestimmtheitsmaß ausgewiesen, das dem Kunden Auskunft darüber gibt, wie gut der designte Index die historischen Ertragsschwankungen erklärt:

$$y_t = y_{t,Prog} + \epsilon \quad (19)$$

wobei ϵ dem Fehlerterm entspricht. Anhand dieses Bestimmtheitsmaßes erhält der Landwirt also Informationen über die Passgenauigkeit des Indexes. Bei 13 von 20 Betrieben kann die

³⁵ Diese Information erhält der Kunde ebenfalls in Form eines betriebsspezifischen Angebots. Die Ergebnisse der statistischen Analyse werden offen mit dem Kunden besprochen und der Kunde entsprechend beraten (Mahler 2018).

Passgenauigkeit des Indexes in Bezug zur einzelbetrieblichen Ertragszeitreihe mit einem Bestimmtheitsmaß zwischen 50% und 80% als gut bis sehr gut eingestuft werden. Dies sagt jedoch nichts über die Wirkung der WIV auf die Schwankungen der untergeordneten Größen oder die Volatilität des GDBs aus.

Tab. 11: Einzelbetriebliche Kontraktparameter¹⁾

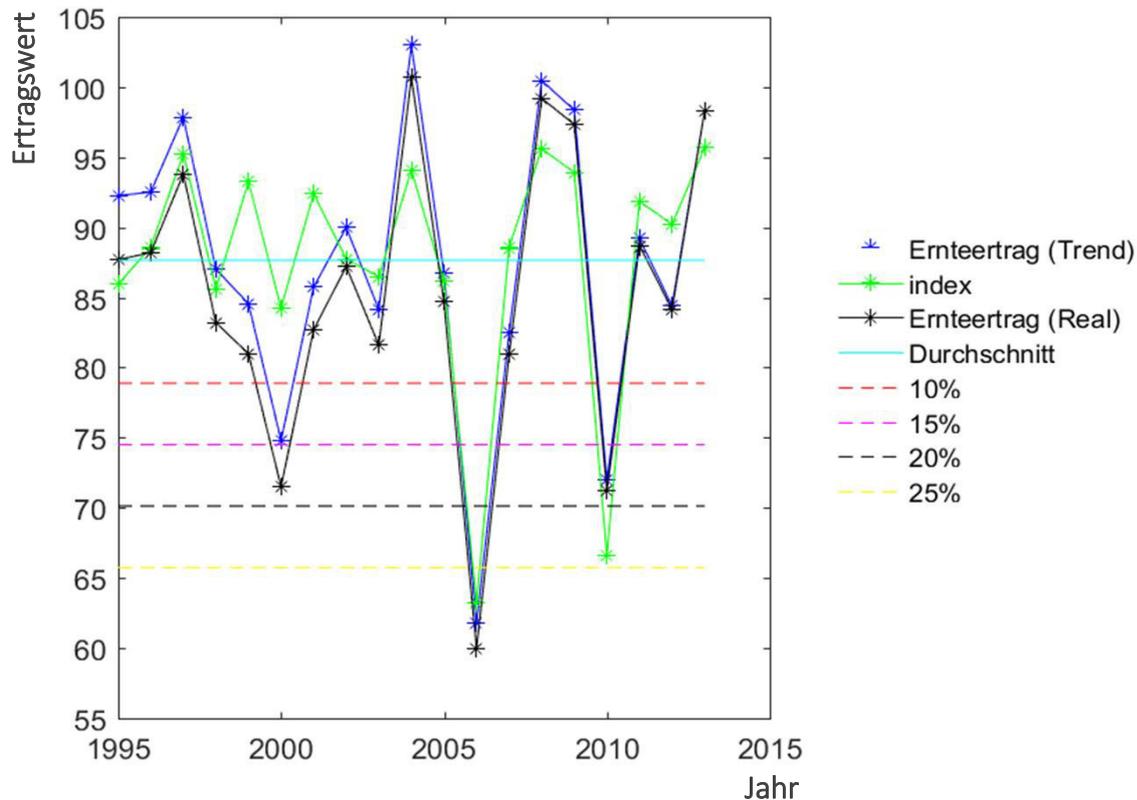
Betrieb	Einbezogene betriebsspezifische Wettervariablen für die Referenzfruchtart Winterweizen	Strike Level I (dt/ha)	Bestimmtheitsmaß (%)
1	Kumulativer Regen im Oktober und April	88	68
2	Anzahl der Tage mit Höchsttemperaturen über 30°C im Juni, Wachstumsgradtage (Basis 2°C) im Dezember	89	72
3	Wachstumsgradtage (Basis 7°C) im Dezember - Februar, Anzahl der Tage mit Höchsttemperatur über 31°C im Mai - Juli	91	80
4	Kumulativer Regen im September, Anzahl Tage mit Tiefsttemperatur unter -7°C im Dezember - Februar	98	71
5	Kumulativer Regen im September und Oktober und im Februar - Juli	99	79
6	Mangelnder Regen im April, Anzahl der Tage mit Höchsttemperaturen über 31°C im Mai - Juli	92	44
7	Mangelnder Regen im April, kumulative Minimumtemperatur im November	109	44
8	Kumulativer Regen im September, Anzahl Tage mit Höchsttemperaturen über 29°Grad im Mai - Juli	99	63
9	Anzahl der Tage mit Höchsttemperaturen über 35°C im Mai - Juli und Tiefsttemperaturen unter -7°C im November - Februar	91	62
10	Kumulativer Regen im Oktober und November, Anzahl Tage mit Höchsttemperaturen über 31°C im Mai - Juli	88	83
11	Kumulativer Regen im Oktober, Anzahl Tage mit Höchsttemperaturen über 33°C im Mai - Juli	80	52
12	Kumulativer Regen im April, Anzahl Tage mit Höchsttemperaturen über 31°C im Juli	94	53
13	Kumulativer Regen im Oktober, Anzahl Tage mit Tiefsttemperatur unter -5°C im April	83	49
14	Mangelnder Regen im April, Anzahl Tage mit Tiefsttemperatur unter -5°C im April	90	38
15	Anzahl Tage mit Höchsttemperatur über 30°C im Mai und Juni und Tiefsttemperaturen unter -7°C im Februar und März	66	64
16	Mangelnder Regen im März und April, Anzahl Tage mit Tiefsttemperaturen unter -7°C im Dezember - Februar	95	46
17	Mangelnder Regen im März und April, Anzahl Tage mit Höchsttemperaturen über 33°C im Mai - Juli	98	50
18	Kumulativer Regen im Februar-April, Anzahl Tage mit Höchsttemperaturen über 31°C im Mai - Juli	78	68
19	Wachstumsgradtage (Basis 4°C) im Januar, Anzahl Tage mit Tiefsttemperatur unter -7°C im Februar und März	99	40
20	Mangelnder Regen im März und April, Anzahl Tage mit Tiefsttemperaturen unter -5°C im April	82	51

¹⁾ Für die Betriebe 2,3,5,7,10 liegt das Indexangebot von 1995 bis 2014 vor, für alle anderen von 1994 bis 2014.

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf den Angaben der gvf (2016).

Neben diesen Kontraktparametern erhält der Kunde zur Entscheidungsfindung auch eine Darstellung des Indexverlaufs. Abb. 11 zeigt den Indexverlauf am Beispiel von Betrieb 10. Für diesen Betrieb ist das Bestimmtheitsmaß mit 83,39% am höchsten. In der Graphik sind der tatsächliche Ertragsverlauf (Real), der trendbereinigte Ertragsverlauf (Trend) sowie der Indexertrag (index) gegenübergestellt, womit die Passgenauigkeit des Indexes zur Ertragszeitreihe über den Beobachtungszeitraum hinweg ablesbar ist. Zusätzlich ist die Lage der verschiedenen Strike Level ausgewiesen. Somit wird ersichtlich, wann es in der Vergangenheit zu einer Auszahlung gekommen wäre. Eine Aussage über das gesamtbetriebliche Risikoreduzierungspotenzial der WIV ist anhand einer solchen Darstellung ebenfalls nicht möglich.

Abb. 11: Einzelbetriebliches furchtartenspezifisches Angebot, Referenzkultur: Winterweizen, Betrieb 10¹⁾



¹⁾ Bei Betrieb 10 liegt das Indexangebot von 1995 bis 2014 vor. Ernteertrag (Real) entspricht dem realen Verlauf der Winterweizenertragszeitreihe von 1995 bis 2014 und Ernteertrag (Trend) dem trendbereinigten Verlauf.

Quelle: gvf (2016).

5.4.2 Die Hedgingeffektivität der Hedgingstrategien basierend auf dem Marktangebot

Tab. 12 zeigt, wie sich die Schwankungen des (Norm-)Erlöses und Deckungsbeitrags von Winterweizen im Beobachtungszeitraum durch den Einsatz des Marktangebots unter der Annahme der ex ante definierten Hede Ratio verändert hätten. Zudem beinhaltet diese Tabelle die HE für die Bezugsgröße GDB aller untersuchten Betriebe (Informationen zur versicherungsmathematisch fairen Prämie enthält Anhang 11). Die Ergebnisse sind jeweils für die Strike Level I, II und III ausgewiesen, d. h. für das Basis Strike Level sowie die Variante -10% und -15%.

Die HEs für die anderen Strike Level (Varianten -20% und -25%) sind nicht aufgeführt, da solche extrem niedrigen Indexertragswerte lediglich in maximal zwei Jahren und bei maximal drei Betrieben über den betrachteten Zeitraum vorgekommen wären.³⁶ Hierzu ist das Folgende zu ergänzen: Zum einen sind wenige Auszahlungen keinesfalls ein Indiz für ein minderwertiges Produkt. Auch ein Instrument mit wenigen Auszahlungen in 20 Jahren kann ein gutes Hedginginstrument darstellen, sofern im Schadensfall tatsächlich ein Ausgleich erfolgt. Ein Beispiel für ein solches Instrument ist eine Brandschutzversicherung. Zum anderen ist es auf Grund des betriebsspezifischen Indexdesigns des Marktangebots nicht möglich, allgemeine Aussagen über die HE für die Strike Level IV und V abzuleiten, da extrem niedrige Indexertragswerte nur bei einer geringen Zahl der Betriebe auftreten. Im Gegensatz zu einer Brandschutzversicherung können durch die begrenzten Informationen über das Marktangebot, die dieser Studie zugrunde liegen, und dessen betriebsspezifischen Designs keine Wahrscheinlichkeiten über die Häufigkeit und die Höhe einer Auszahlung für alle Betriebe hergeleitet werden. Dies zeigt folglich die Grenzen bei der Messung der HE des Marktangebots mit der gewählten Methodik auf.

Wie bei den fiktiven Hedgingstrategien variiert die HE von Betrieb zu Betrieb. Dies zeigt sich für alle betrachteten Erfolgsebenen. Allerdings ändert sich die Höhe und Art der HE (positive oder negative HE) maßgeblich in Abhängigkeit von dem verwendeten Strike Level und der betrachteten Erfolgsebene. Die höchste positive HE für jeden Betrieb ist grau unterlegt. Alle positiven HEs sind fett markiert. Ist die HE gleich null bedeutet das, dass der Index im Beobachtungszeitraum nicht unter das gegebene Strike Level gefallen ist und keine Auszahlung erfolgte.³⁷

Im Durchschnitt werden die Schwankungen des Normerlöses beim Einsatz des Marktangebots unter den betrachteten Strike Level (deutlich) reduziert. Dies war auf der Grundlage der guten bis sehr guten Anpassung des Indexangebots bezogen auf den Verlauf der historischen einzelbetrieblichen Winterweizenertragszeitreihen für die Mehrheit der Betriebe zu erwarten (siehe Tab. 11, Abschnitt 5.4.1).

Demgegenüber überwiegt in Abhängigkeit von dem Strike Level eine geringe Reduzierung oder sogar eine Erhöhung der Schwankungen der Erlös- und Deckungsbeiträge. Demnach beeinflussen andere Risikoquellen, u. a. in Form volatiler Preise, die Wirkung des Marktangebots negativ. Auf der Ebene des Gesamtdeckungsbeitrags verstärkt sich dieser Effekt. Bezogen auf die Volatilität des GDBs resultieren für alle dargestellten Strike Level im Durchschnitt negative HEs für die analysierte WIV. Folglich steigt für die Mehrheit der Betriebe die Volatilität des GDBs beim Kauf eines Kontrakts je ha des Marktangebots an.

In Tab. 11 und Abb. 11 wurde der enge Zusammenhang zwischen dem Index und dem Winterweizenertragsverlauf für die untersuchten Betriebe dargestellt. Dies führt bei den gegebenen

³⁶ Dies trifft bei der -20%-Variante auf die Betriebe 10 (gesamtbetriebliche HE = -1,69%), 13 (gesamtbetriebliche HE = 0,13%) und 20 (gesamtbetriebliche HE = 2,27%) zu. Bei der -25%-Variante beträgt die gesamtbetriebliche HE bei Betrieb 10 -0,23% und bei Betrieb 20 0,07% beim Kauf eines Kontrakts je ha.

³⁷ Die HE kann auch dann null werden, wenn sich die Zahlungen einer WIV neutralisieren. Das wäre der Fall, wenn die Schwankungen der betrachteten Größe in einem Jahr durch den Einsatz der WIV erhöht und in einem anderen Jahr verringert wird. Demnach kann anhand der Anzahl an Jahren, in denen eine Auszahlung erfolgte, nicht auf die HE geschlossen werden.

Strike Level im Durchschnitt aller Betriebe zu einer (deutlichen) Reduzierung der Schwankungen der Normerlöse (letzte Zeile, Tab. 12). Demgegenüber ergibt sich bei der Analyse der tatsächlichen historischen Winterweizenerlöse je nach betrachtetem Strike Level durchschnittlich eine geringere Reduzierung der Schwankungen (K II und III) oder sogar eine Erhöhung der Schwankungen (siehe K I) durch den Einsatz des Marktangebots (Vergleich Erlös- und Normerlösebene). Verglichen mit der Veränderung der Erlösschwankungen durch die WIV ist eine Verstärkung dieses Effekts bei der Analyse der Deckungsbeiträge im Durchschnitt aller Betriebe zu beobachten. Die Schwankungen des Deckungsbeitrags werden durch den Einsatz der WIV zum Strike Level K I noch weiter erhöht. Bei Strike Level K II und III fällt die Verringerung der Erlösschwankungen noch niedriger aus als dies bereits auf der Erlösebene zu beobachten war. Das bedeutet: Wenn neben den Ertrags- und Preisschwankungen mit den variablen Kosten eine weitere Risikoquelle hinzukommt, wirkt sich dies erheblich auf den Effekt der WIV aus. Demgegenüber zeigt sich bei einem Vergleich des gesamtbetrieblichen Risikoreduzierungspotenzials mit der Wirkung der WIV auf Deckungsbeitragsebene im Durchschnitt bei allen betrachteten Strike Levels eine Risikoerhöhung (negative HE).

Die einzelbetrieblichen Ergebnisse weisen auf den untersuchten Ebenen teilweise durchaus Abweichungen von dem aufgezeigten durchschnittlichen Effekt auf. So ergibt sich im Vergleich zur erzielten Reduzierung der Normerlösschwankungen einerseits eine geringere Reduzierung der Schwankungen der tatsächlichen Winterweizenerlöse im Zeitraum 1994 - 2014 (siehe z. B. Betrieb 3). Andererseits zeigt sich auch eine Erhöhung der Erlösschwankungen (siehe z. B. Betrieb 9) durch den Einsatz des Marktangebots.

Verglichen mit der Veränderung der Erlösschwankungen ist die Wirkung der WIV auf die Deckungsbeiträge ebenfalls von Betrieb zu Betrieb verschieden. Die Schwankungen des Deckungsbeitrags werden bei einigen Betrieben durch den Einsatz der WIV noch weniger verringert als dies bereits auf Erlösebene zu beobachten war (siehe z. B. Betrieb 13). Bei anderen Betrieben werden die Schwankungen des Deckungsbeitrags mit WIV teilweise sogar deutlich erhöht (siehe z. B. Betrieb 10 oder 12).

Auch die Analyse der Wirkung der WIV auf die Volatilität des einzelbetrieblichen GDBs zeigt, wie unterschiedlich diese von Betrieb zu Betrieb sein kann. Im Vergleich zur Wirkung auf die Schwankungen der einzelbetrieblichen Deckungsbeiträge zeigt sich teilweise auf Gesamtdeckungsbeitragsebene eine deutliche Risikoerhöhung (negative HE, siehe z. B. Betrieb 4 oder 5). Allerdings kann die gesamtbetriebliche HE auch positiv sein, womit eine Risikoreduzierung zu beobachten ist (siehe z. B. Betrieb 9).

Diese Auswertung macht den Einfluss anderer Risikoquellen – neben den Ertragsschwankungen einer Referenzfruchtart – auf das gesamtbetriebliche Risikoreduzierungspotenzial von WIVs deutlich.

Tab. 12: HE (in %) des Marktangebots für verschiedene Strike Level K und die standardisierte Hedge Ratio „ein Kontrakt je ha“^{1) 2) 3)} (1994 - 2014)

Betrieb	Normerlöseebene			Erlöseebene			Deckungsbeitragsebene			Gesamtdeckungsbeitragsebene		
	K_I	K_{II}	K_{III}	K_I	K_{II}	K_{III}	K_I	K_{II}	K_{III}	K_I	K_{II}	K_{III}
1	21,57	0,00	0,00	-10,17	0,00	0,00	-10,88	0,00	0,00	-2,25	0,00	0,00
2	26,54	7,59	0,00	2,91	0,16	0,00	1,58	0,37	0,00	-6,48	-1,09	0,00
3	29,54	16,29	8,03	8,25	3,46	1,70	6,14	2,51	1,27	-11,85	-5,55	-2,48
4	24,61	6,54	0,00	-1,22	0,61	0,00	-4,96	-0,46	0,00	-16,26	-3,20	0,00
5	26,22	0,00	0,00	-5,38	0,00	0,00	-5,86	0,00	0,00	-10,63	0,00	0,00
6	7,81	1,23	0,00	0,56	0,32	0,00	-0,17	0,38	0,00	-3,45	-0,36	0,00
7	5,26	0,00	0,00	-1,88	0,00	0,00	-1,84	0,00	0,00	0,72	0,00	0,00
8	16,86	0,00	0,00	-1,66	0,00	0,00	-1,98	0,00	0,00	-5,85	0,00	0,00
9	20,25	3,20	1,40	-1,97	-1,70	-0,50	-1,24	-1,14	-0,32	4,65	1,02	0,46
10	34,83	24,91	18,95	3,95	4,01	3,75	-9,08	-4,41	-2,10	-10,49	-5,85	-3,65
11	10,49	0,80	0,00	-3,71	0,28	0,00	-5,18	0,14	0,00	0,69	0,66	0,00
12	16,24	1,87	0,00	-6,20	-0,52	0,00	-6,36	-0,48	0,00	-2,94	-0,44	0,00
13	11,14	7,14	4,89	6,64	4,07	2,67	6,11	3,66	2,49	0,23	0,01	0,18
14	12,87	2,48	0,00	0,07	0,70	0,00	0,59	0,75	0,00	-0,07	0,07	0,00
15	15,09	1,67	0,06	0,49	2,53	0,05	1,18	2,80	0,07	1,63	2,75	0,05
16	8,63	0,19	0,00	-4,03	-0,26	0,00	-5,15	-0,28	0,00	-12,57	-0,91	0,00
17	12,75	0,00	0,00	-8,34	0,00	0,00	-9,05	0,00	0,00	-10,65	0,00	0,00
18	22,84	4,91	0,01	-1,36	1,27	0,00	-4,46	0,35	0,00	-3,80	1,57	0,01
19	9,46	0,00	0,00	-4,58	0,00	0,00	-3,15	0,00	0,00	-5,12	0,00	0,00
20	13,19	9,16	6,86	0,91	4,44	3,40	0,51	4,93	3,82	0,34	5,42	4,07
Anzahl höchster positiver HEs	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anzahl positiver HEs	20	14	7	8	11	5	6	9	4	6	7	5
Durchschnittliche HE	17,31	4,40	2,01	-1,34	0,97	0,55	-2,66	0,46	0,26	-4,71	-0,29	-0,07

¹⁾ Ein positives (negatives) Vorzeichen der HE bedeutet eine Reduzierung (Steigerung) der Volatilität des einzelbetrieblichen GDBs. ²⁾ Alle positiven HEs sind fett markiert. Die höchste positive HE je Betrieb und Kontrakt ist grau hervorgehoben. ³⁾ Eine HE von null bedeutet, dass der Index von 1994 bis 2014 nicht unter das gegebene Strike Level gefallen ist und somit keine Auszahlung erfolgte.

Quelle: Eigene Darstellung.

Tab. 12 umfasste zuvor die Ergebnisse zur Wirkung des Marktangebots unter Berücksichtigung einer standardisierten Ein-Kontrakt-je-ha-Strategie auf die Schwankungen untergeordneter Erfolgsgrößen im Vergleich zur HE, die sich bezogen auf die Volatilität des GDBs zeigte. Für den Landwirt als Unternehmer sind jedoch primär die Ergebnisse auf Gesamtdeckungsbeitrags-ebene interessant.

Auf Grund dessen enthält Tab. 13 ausschließlich die HE des Marktangebots bezogen auf die Volatilität des GDBs, die aus den ex post identifizierten Hedge Ratios hervorgeht. Die Ergebnisse sind für die Strike Level II und III (-10%-Variante und -15%-Variante) ausgewiesen, da Landwirte die WIV zu diesen Strike Level tatsächlich erwerben können. Zudem ist bei den Strike Level II und III bei bis zu 14 der 20 Betriebe im Beobachtungszeitraum eine Auszahlung beobachtbar.³⁸ Demgegenüber ist bei den Strike Level IV und V die Anzahl der Betriebe, bei denen es zu einer Auszahlung gekommen wäre und für die die Hedge Ratio ex post „optimiert“ werden kann, zu gering, um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten. Darüber hinaus wurde nicht die Hedge Ratio für die WIV mit dem Basis Strike Level (Strike Level I) optimiert, da eine solche WIV nicht käuflich ist (siehe auch die Erläuterung im Abschnitt 5.4.1). Alle positiven HEs sind fett hervorgehoben.

Verglichen mit der durchschnittlichen Risikoerhöhung, die sich bei der Analyse des Marktangebots und der standardisierten Hedge Ratio ergab, hätte der Einsatz des Marktangebots mit ex post optimierter Hedge Ratio die Volatilität des GDBs im Durchschnitt reduziert. Unter Annahme der Strike Level II und III und der ex post optimierten Hedge Ratio führt der Einsatz des Marktangebots im Mittel zu einer geringen positiven gesamtbetrieblichen HE. Eine Risikoreduzierung erzielen in Abhängigkeit von dem betrachteten Strike Level mit dieser Hedge Ratio allerdings lediglich bis zu sieben Betriebe. Hierbei handelt es sich um die gleichen Betriebe, für die bereits bei der standardisierten Hedgingstrategie eine positive HE ermittelt werden konnte. Verglichen mit der HE unter Annahme der standardisierten Hedge Ratio ergibt sich mit der ex post optimierten Hedge Ratio genau für diese Betriebe eine höhere positive HE. Für alle anderen Betriebe hätte der Einsatz der WIV jedoch nicht zu einer positiven gesamtbetrieblichen HE geführt. Demnach wäre es für die Mehrheit der Betriebe ex post optimal gewesen, keine WIV zu kaufen.

Neben der HE ist zusätzlich die Wahrscheinlichkeit ausgewiesen, mit dem Marktangebot einen GDB unter dem Quantilwert für das 25%-Quantil im Status Quo (ohne WIV) zu erzielen. Dadurch wird die Wirkung dieser WIV auf den unteren Bereich der Verteilung der einzelbetrieblichen Erfolgsgröße ersichtlich. Insbesondere für Landwirte, die nicht nur die Wirkung der WIV auf die Volatilität des einzelbetrieblichen GDBs interessiert, sondern zusätzlich die Wahrscheinlichkeit mit dem Marktangebot niedrige GDBs zu erzielen, sind diese Ergebnisse informativ. Ist die Wahrscheinlichkeit einen GDB im linken Verteilungsbereich zu erzielen, mit der Hedgingaktivität geringer als ohne, ist das auf den Optionscharakter dieses Versicherungstyps zurückzuführen (siehe Fußnote 18, Abschnitt 5.2). Die Wirkung der WIV in den Randbereichen der Verteilung variiert von Betrieb zu Betrieb. Teilweise ist die Wahrscheinlichkeit nach Einsatz des

³⁸ Dies bedeutet nicht, dass die WIV mit ex post optimierter Hedge Ratio auch bei allen 14 Betrieben zu einer Risikoreduzierung geführt hätte. Nach der Durchführung der ex post Optimierung trifft das in Abhängigkeit von dem betrachteten Strike Level auf bis zu sieben Betriebe zu (siehe Tab. 13).

Risikomanagementinstruments einen GDB unter dem Quantilwert für das 25%-Quantil im Status Quo zu erzielen, geringer (siehe z. B. Betrieb 9 und 18). Beispielsweise erzielt Betrieb 9 mit der Hedgingaktivität mit einer Wahrscheinlichkeit von 23,81% einen GDB unter 958,18€/ha. Bei einigen Betrieben ist die Wahrscheinlichkeit hingegen höher (siehe Betrieb 13 und 14). Dies zeigt sich etwa für Betrieb 13. Hier beträgt die Wahrscheinlichkeit, mit dem Marktangebot einen GDB unterhalb dem GDB im Status Quo in Höhe von 553,48€/ha zu erzielen, 28,57%. Anhand der Ergebnisse, die für dieses Risikomaß ermittelt wurden, würde man die Wirkung der ex post optimierten Hedgingstrategie verglichen zu dem Bild, das sich anhand der HE ergibt, anders beurteilen. Ob ein Entscheidungsträger neben der Standardabweichung, die der HE zugrunde liegt, zur Analyse des Risikoreduzierungspotenzials von WIVs ein weiteres Risikomaß hinzuzieht, ist abhängig von seiner Risikoeinstellung und bleibt ihm überlassen.

Wie erwartet ist auch bei dem Marktangebot ein höheres Risikoreduzierungspotenzial möglich, wenn auf mehr Informationen zurückgegriffen wird, als dem Landwirt zum Entscheidungszeitpunkt in der Vergangenheit vorlagen. Ähnlich zu den zuvor analysierten Hedgingstrategien ist auch hier die HE von Betrieb zu Betrieb verschieden. Daneben variieren die auf dieser Grundlage bestimmten optimalen Hedge Ratios stark von Betrieb zu Betrieb. Einen detaillierten Überblick über die Hedgingintensitäten gibt Anhang 13, die der fairen Prämie (siehe Anhang 12) multipliziert mit der Hedge Ratio entspricht.

Tab. 13: HE (in %) des Marktangebots mit optimierter Hedge Ratio auf Gesamtdeckungsbeitragsebene^{1) 2) 3) 4)} (1994 - 2014)

Betrieb	Quantilwert für das 25%-Quantil ohne WIV	Strike Level <i>K</i> II			Strike Level <i>K</i> III		
		Opt. Hedge Ratio	Wahrscheinlichkeit, dass mit WIV ein GDB unter dem Quantilwert für das 25%-Quantil (ohne WIV) erzielt wird	HE	Opt. Hedge Ratio	Wahrscheinlichkeit, dass mit WIV ein GDB unter dem Quantilwert für das 25%-Quantil (ohne WIV) erzielt wird	HE
		€/ha	Ktr./ha	%	%	Ktr./ha	%
1	871,51	0,00	25,00	0,00	0,00	25,00	0,00
2	831,77	0,00	25,00	0,00	0,00	25,00	0,00
3	1 514,57	0,00	25,00	0,00	0,00	25,00	0,00
4	903,48	0,00	25,00	0,00	0,00	25,00	0,00
5	1 312,85	0,00	25,00	0,00	0,00	25,00	0,00
6	1 592,88	0,00	25,00	0,00	0,00	25,00	0,00
7	1 297,20	0,00	25,00	0,00	0,00	25,00	0,00
8	1 092,38	0,00	25,00	0,00	0,00	25,00	0,00
9	958,18	1,36	23,81	1,11	4,17	23,81	1,11
10	1 496,09	0,00	25,00	0,00	0,00	25,00	0,00
11	831,83	10,05	23,81	3,56	0,00	25,00	0,00
12	984,92	0,00	25,00	0,00	0,00	25,00	0,00
13	553,48	0,51	28,57	0,19	0,84	28,57	0,19
14	1 229,39	1,06	28,57	0,07	0,00	25,00	0,00
15	480,34	4,78	19,05	7,52	243,90	23,81	5,62
16	847,96	0,00	25,00	0,00	0,00	25,00	0,00
17	1 212,49	0,00	25,00	0,00	0,00	25,00	0,00
18	844,44	2,76	21,05	2,67	267,25	21,05	1,64
19	1 185,43	0,00	25,00	0,00	0,00	25,00	0,00
20	917,67	1,79	23,81	6,77	2,67	23,81	6,77
Anzahl positiver HEs	7			5			
Durchschnittliche HE	1,09			0,77			

¹⁾ Eine positive HE bedeutet eine Reduzierung der Volatilität des einzelbetrieblichen GDBs. ²⁾ Alle positiven HEs sind fett markiert. ³⁾ Ktr/ha bedeutet Kontrakte je Hektar. ⁴⁾ Eine HE gleich null bedeutet entweder, dass der Index von 1994 bis 2014 nicht unter das gegebene Strike Level gefallen ist und somit keine Auszahlung erfolgte oder dass es für den Landwirt ex post nicht optimal gewesen wäre die WIV zu kaufen, obwohl es im Beobachtungszeitraum zu einer Zahlung gekommen wäre.

Quelle: Eigene Darstellung.

Die gesamtbetriebliche HE des Marktangebots, die mit der standardisierten und ex post optimierten Hedge Ratio erzielt wurde, ist in Tab. 14 zusammengefasst.

Tab. 14: Zusammenfassung der gesamtbetrieblichen HE¹⁾ (N=20, 1994 - 2014)

	Strike Level II	Strike Level III
Gesamtbetriebliche HE des Marktangebots mit der standardisierten Ein-Kontrakt-je-Hektar Hedge Ratio		
Anzahl Betriebe mit positiver gesamtbetrieblicher HE	7	5
Durchschnittliche gesamtbetriebliche HE	-0,29	-0,07
Gesamtbetriebliche HE des Marktangebots mit der ex post optimierten Hedge Ratio		
Anzahl Betriebe mit positiver gesamtbetrieblicher HE	7	5
Durchschnittliche gesamtbetriebliche HE	1,09	0,77

¹⁾ Ein positives (negatives) Vorzeichen der HE bedeutet eine Reduzierung (Steigerung) der Volatilität des einzelbetrieblichen GDBs.

Quelle: Eigene Darstellung.

Folgendes Kernergebnis lässt sich herleiten:

Das Marktangebot ist zur Reduzierung des einzelbetrieblichen Erfolgsrisikos weniger gut geeignet als ausgehend von der sehr guten Approximation des Indexes an die einzelbetrieblichen Winterweizenerträge (siehe Tab. 11) zu erwarten war. Wie sich bereits anhand der fiktiven Hedgingstrategien zeigte, beeinflusst eine Vielzahl von Risikoquellen das Erfolgsrisiko und damit auch die HE einer WIV in erheblichem Maße (ökonomisches Basisrisiko). Dies machte insbesondere ein Vergleich der Wirkung der WIV auf die Schwankungen der Normerlöse mit der gesamtbetrieblichen HE deutlich. Der Einsatz des Marktangebots zur standardisierten Hedge Ratio hätte die Schwankungen des Normerlöses (deutlich) reduziert. Demgegenüber wäre die Volatilität des GDBs im Durchschnitt und für die Mehrheit der Betriebe gestiegen.

Hätten sich die Landwirte für den Einsatz der WIV mit den vorgegebenen Strike Level II und III (-10%- und -15%-Variante) und der ex post optimierten Hedge Ratio entschieden, wäre die HE zwar im Durchschnitt positiv ausgefallen. Allerdings trifft dies lediglich auf bis zu sieben der 20 Betriebe zu. Für die Mehrheit der 20 Betriebe hätte der Einsatz der WIV nicht zu einer Risikoreduzierung geführt.

Für Landwirte in Regionen mit moderaten Standortbedingungen wäre es nicht von Vorteil gewesen, das in dieser Arbeit analysierte Marktangebot, das eine hohe „Passgenauigkeit“ zur Referenzfruchtart Winterweizen aufweist, einzusetzen. Der Spezialmakler bietet die „Wetterversicherung“ nicht nur für eine Referenzfruchtart an. Landwirte können solche Kontrakte auch für mehrere Fruchtarten abschließen. Welche Wirkung eine Kombination mehrerer Verträge (ein Portfolio von Kontrakten) auf die Volatilität des einzelbetrieblichen GDBs hat, wurde nicht untersucht. Wird ein solches Portfolio abgeschlossen und dessen Effekt auf das Erfolgsrisiko analysiert, kann dieses eine andere HE aufweisen, als die in dieser Studie analysierten realen Hedgingstrategien.

5.5 Diskussion der Ergebnisse der historischen Simulation

Dieses Kapitel beinhaltet die Untersuchung des Potenzials von WIVs, die Volatilität des GDBs von 20 Betrieben in zwei Regionen Deutschlands mit moderaten Standortbedingungen zu reduzieren. Die Grundlage der Analyse waren einzelbetriebliche Zeitreihen von 1994 - 2014. Für jeden Betrieb wurde die gesamtbetriebliche HE von 25 Hedgingstrategien analysiert, die aus 20 fiktiven und fünf realen Hedgingstrategien bestanden. Erstere basieren auf zehn fiktiven Kontrakten. Die Strategien sind standardisiert (standardisierte Strike Level und eine standardisierte Hedge Ratio) und ex post optimiert (optimierte Strike Level und eine optimierte Hedge Ratio). Die realen Hedgingstrategien setzen sich aus einem Marktangebot und einer standardisierten Hedge Ratio bei drei gegebenen Strike Level sowie einer ex post optimierten Hedge Ratio bei zwei gegebenen Strike Level zusammen. Die Ergebnisse für die ex post optimierten Strategien liefern entscheidende Hinweise für das zukünftige Risikoreduzierungspotenzial der WIV solange keine Diskontinuitäten in Bezug auf die Produktionsbedingungen auftreten.

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist auf Folgendes zu achten: neben der Kontraktgestaltung (Put-Option, Call-Option, Strangle, Hedging Periode, Index, Strike Level) hängt die Höhe der Entschädigung und damit auch die HE von dem Ausmaß des Hedgings im Verhältnis zur Produktion ab. Das Ausmaß des Hedgings wird ex aequo durch die Tick Size und die Hedge Ratio bestimmt. Sinkt die Tick Size um den Faktor $1/N$, während die Hedge Ratio um den Faktor N steigt, verändert sich die Höhe der Entschädigung und die zu zahlende faire Prämie nicht. Für einen Index und eine Kontraktart (Put-Option, Call-Option, Strangle) geht die Maximierung des Risikoreduzierungspotenzials mit der Ermittlung der optimalen Kombination aus dem Strike Level und dem Ausmaß des Hedging einher. Letzteres ergibt sich aus der Tick Size und der Hedge Ratio. In dieser Studie erfolgte die Wahl der Tick Size willkürlich. Daneben wurden bei den fiktiven Hedgingstrategien die Strike Level und die Hedge Ratio variiert und optimiert. Bei den realen Hedgingstrategien galt dies lediglich für die Hedge Ratio, da die Strike Level durch das Unternehmen vorgegeben sind.

Informationen zur Passgenauigkeit des Indexes zum Ertragsverlauf, in Form von Korrelationen o. ä., liefern keine Hinweise auf das gesamtbetriebliche Risikoreduzierungspotenzial einer WIV. Diese geringe Aussagekraft von Korrelationen wiesen bereits Adeyinka et al. (2016) nach.

Die HE variiert von Betrieb zu Betrieb und ist abhängig von der betrachteten Hedgingstrategie. Die standardisierten Hedgingstrategien waren weniger zur Reduzierung der Volatilität des einzelbetrieblichen GDBs geeignet, als die ex post optimierten Strategien. Für die standardisierten fiktiven und realen Hedgingstrategien fiel die HE überwiegend nicht nur gering positiv aus, sondern das Risiko erhöhte sich sogar. Demgegenüber war die HE der ex post optimierten Hedgingstrategien deutlich besser. Im Vergleich aller ex post optimierten fiktiven und realen Kontraktvarianten schneidet der fiktive bodenfeuchtebasierte Strangle mit einer HE von durchschnittlich knapp 11% am besten ab. Das niedrigste Risikoreduzierungspotenzial wiesen, mit einer durchschnittlichen HE von bis zu 1%, die fiktiven Put-Optionen und das Marktangebot auf. Angenommen, die zukünftigen Standortbedingungen sind mit denen in der Vergangenheit vergleichbar, könnten Landwirte mit dem Einsatz von ex post optimierten bodenfeuchtebasierten Strangles eine deutliche Risikoreduzierung erzielen. Landwirte in Regionen mit moderaten

Standortbedingungen würden gemäß der Überlegenheit des Strangles am meisten von flexiblen Risikomanagementstrategien profitieren.

Für das Marktangebot hätte durch das komplexe Indexdesign ein besseres Ergebnis erwartet werden können. Zwar zielt das Indexdesign auf die Minimierung des herkömmlichen Basisrisikos ab (siehe Abschnitt 1.1), jedoch könnte sich ein Landwirt davon irritieren lassen und im Hinblick auf den GDB ebenfalls von einer Reduzierung der Volatilität ausgehen. Die Wirkung des Marktangebots auf die Schwankungen untergeordneter Größen verglichen zur Gesamtdeckungsbeitragsebene machte deutlich: für ein Einproduktunternehmen ist das Marktangebot ein sehr gutes Hedginginstrument. Zur Reduzierung der Volatilität des GDBs wäre der Einsatz des Instruments für die meisten Betriebe unter den getroffenen Annahmen allerdings nicht effektiv gewesen. Für die Mehrheit der Betriebe wurden die Schwankungen des Normerlöses deutlich reduziert. Demgegenüber erhöhte sich mehrheitlich das Erfolgsrisiko (negative HE). Folglich reicht es nicht aus, die Wirkung von WIVs auf die Schwankungen der (Norm-)Erlöse zu analysieren, wie dies in einigen bisherigen Studien der Fall war (vgl. z. B. Turvey 2001, Sun et al. 2014, weitere Ausführungen siehe Kapitel 3). Stattdessen ist eine gesamtbetriebliche Perspektive zwingend nötig, da neben Ertragsschwankungen andere Risikoquellen zum einzelbetrieblichen Erfolgsrisiko beitragen und diese die HE von WIVs beeinflussen.

Eine detaillierte Kontrastierung der in dieser Arbeit gemessenen gesamtbetrieblichen HEs mit vorherigen Studienergebnissen ist schwierig, da die Anzahl von Studien mit gesamtbetrieblichen Ansätzen gering ist und diese auf Betriebe in Regionen mit extremeren Standortbedingungen fokussieren (siehe Kapitel 3). Des Weiteren wurden bisher ausschließlich verschiedene fiktive WIVs analysiert. Ein Marktangebot war bisher noch nicht Gegenstand der Forschung.

Anhand der Ergebnisse kann folgendes Zwischenfazit gezogen werden:

1. Landwirte, denen WIVs in Realität angeboten werden, können bei der Wahl ihrer Hedgingstrategie nicht auf scheinbar allgemeingültige Empfehlungen vertrauen, da die Wirkung von WIVs auf das Erfolgsrisiko extrem betriebsspezifisch ist. Stattdessen ist, wie bei anderen Managemententscheidungen, eine einzelbetriebliche Analyse der Risikoreduzierung, die sie von einem bestimmten Hedginginstrument erwarten können, nötig.
2. Standardisierte Hedgingstrategien können zu einer so niedrigen HE führen, so dass sich der Landwirt bei einem gegebenen Aufpreis eventuell gegen den Kauf einer Versicherung entscheidet. Ob ein Landwirt WIVs tatsächlich einsetzt, ist nicht allein von der HE abhängig, sondern auch von dem Aufpreis auf die faire Prämie, d. h. den Kosten, die er mit der Umsetzung dieser Hedgingaktivität zu tragen hat.
3. Orientiert sich ein Landwirt hauptsächlich an Informationen zur Passgenauigkeit des Indexes zu den einzelbetrieblichen Erträgen, kann dies zu Fehleinschätzungen führen. Das tatsächliche Risikoreduzierungspotenzial eines Hedginginstruments bemisst sich anhand der Volatilität der relevanten übergeordneten Erfolgsgröße und kann auf Grund des Einflusses verschiedener Risikoquellen unter Umständen ganz anders ausfallen, als erwartet.

6 Analyse der Hedgingeffektivität von WIVs im Rahmen eines Risikoprogrammierungsansatzes

Die Bestimmung der gesamtbetrieblichen HE mit Hilfe der historischen Simulation in Kapitel 5 lieferte Hinweise über das Risikoreduzierungspotenzial von WIVs auf der Ebene des GDBs für Ackerbaubetriebe mit moderaten Standortbedingungen. Hierfür wurden eine statische Sichtweise ein- und die Produktionsprogramme der Betriebe als gegeben angenommen. In der Realität optimiert und verändert ein rationaler Landwirt allerdings unter Umständen sein Produktionsprogramm bei dem Einsatz eines externen Risikomanagementinstruments. Durch diese Anpassung des Produktionsprogramms wird möglicherweise die interne Risikomanagementmaßnahme „Diversifizierung des Produktionsprogramms“ durch den Einsatz der externen Hedgingaktivität substituiert. Zur richtigen Einschätzung der HE eines Risikomanagementinstruments müssen somit außer- und innerbetriebliches Risikomanagement gleichermaßen berücksichtigt werden.

Deshalb wird im Folgenden zur Bestimmung der gesamtbetrieblichen HE eine solche dynamische Anpassung des Produktionsprogramms einbezogen. Da diese Analyse mit dem in Kapitel 5 verwendeten statischen Simulationsansatz nicht durchführbar ist, kommt Markowitz' Portfolioansatz zur Anwendung (siehe Abschnitt 2.1.2). Hierbei ist das Produktionsprogramm eines landwirtschaftlichen Unternehmens einem Portfolio risikobehafteter Aktivitäten gleichgesetzt. Auf dieser Sichtweise aufbauend wird die Volatilität des einzelbetrieblichen GDBs (Risikoprofil) ex ante unter Anwendung der Varianz-Kovarianz-Methode in Form der Portfoliovarianz bestimmt. Die Optimierung des Produktionsprogramms erfolgt durch die Kombination des Portfolioansatzes mit einem Risikoprogrammierungsansatz (siehe Abschnitt 2.2.3).

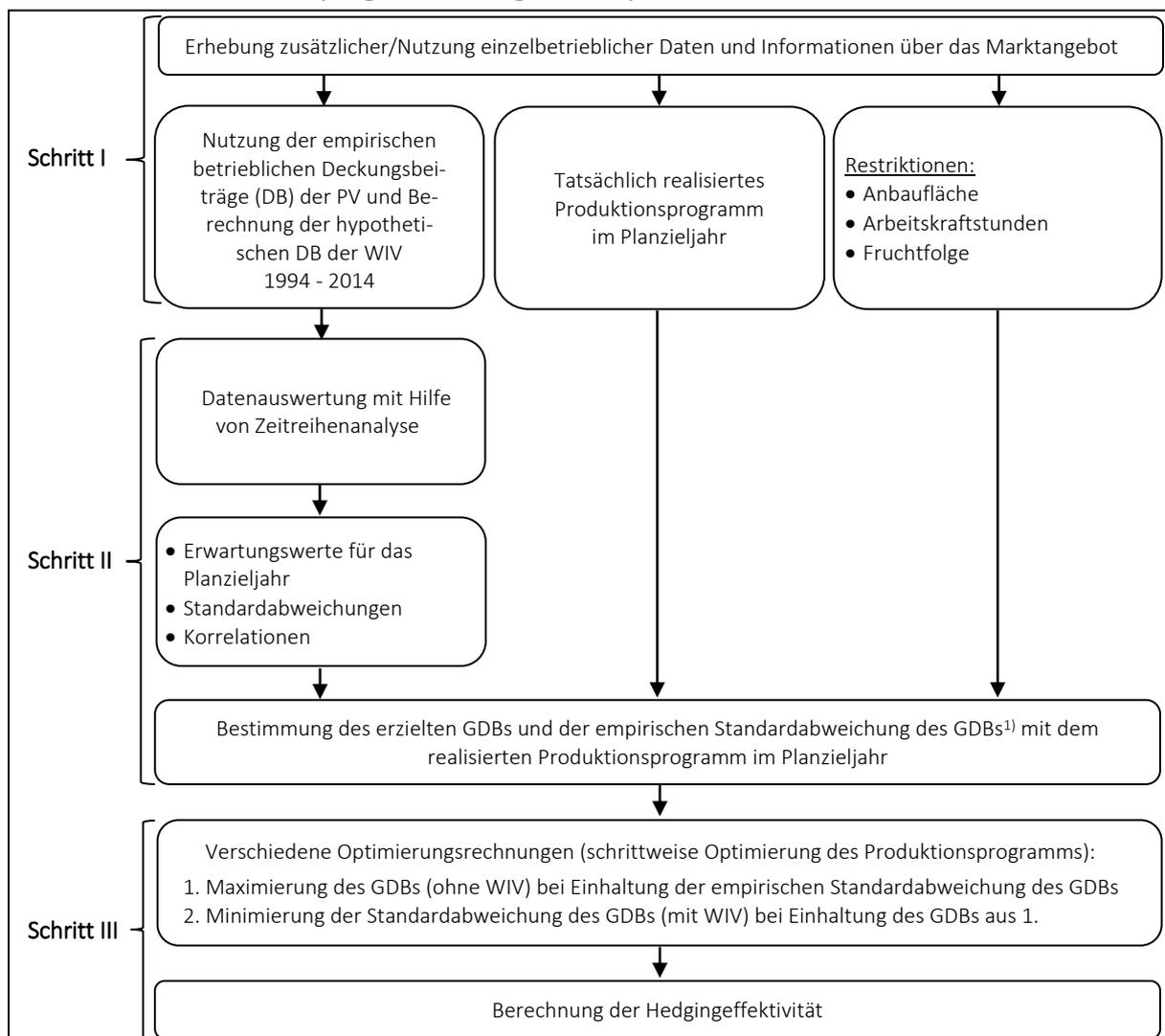
Der verwendete gesamtbetriebliche Risikoprogrammierungsansatz ist ein dynamischer Planungsansatz, da bei der Minimierung der Portfoliovarianz (Volatilität des GDBs) die Umfänge der Hedgingaktivität „Kauf von WIVs“ und die Umfänge der einzelbetrieblichen Produktionsverfahren angepasst werden können. Die optimale Hedgingstrategie ist bei dieser Herangehensweise das Resultat der Optimierung.

Das vorliegende Kapitel beginnt mit einer Erläuterung des grundsätzlichen Ablaufs der Risikoprogrammierung. Dies umfasst einen Überblick über die Vorgehensweise zur Bestimmung der gesamtbetrieblichen HE mit Hilfe des Risikoprogrammierungsansatzes von den verwendeten einzelbetrieblichen Daten über die Datenauswertung bis hin zu den Optimierungsrechnungen (siehe Abschnitt 6.1). Die detaillierte mathematische Darlegung des Optimierungsmodells ist Gegenstand des nächsten Abschnitts (siehe Abschnitt 6.2). Die Beschreibung der untersuchten Betriebe und WIVs sowie die Planannahmen, die in die Risikoprogrammierung fließen, folgt anschließend (siehe Abschnitt 6.3). Im vorletzten Abschnitt werden die Optimierungsergebnisse präsentiert (Abschnitt 6.4) und abschließend diskutiert (Abschnitt 6.5).

6.1 Grundsätzlicher Ablauf der Risikoprogrammierung

Ausgangspunkt der Analyse der HE von WIVs mit Hilfe eines gesamtbetrieblichen Risikoprogrammierungsansatzes ist ein risikoaverser Landwirt, der im Herbst 2014 (Planungszeitpunkt)³⁹ das Produktionsprogramm für das Erntejahr 2015 (Planzieljahr) plant. Konkret lautet sein Entscheidungsproblem: Welche Portfoliozusammensetzung ist risikoeffizient und damit optimal? Soll er am Markt angebotene WIVs erwerben, um eine Risikominimierung zu erzielen? Abb. 12 zeigt den grundsätzlichen Ablauf der Entscheidungsunterstützung mit Hilfe eines gesamtbetrieblichen Risikoprogrammierungsansatzes.

Abb. 12: Ablauf der Risikoprogrammierung am Beispiel eines Betriebes



¹⁾ Die Standardabweichung des GDBs entspricht der Wurzel der Portfoliovarianz.

Quelle: Verändert nach Mußhoff und Hirschauer (2006, 2007).

Der grundsätzliche Ablauf, um mit Hilfe eines Risikoprogrammierungsansatzes die HE anhand

³⁹ Der Planungszeitpunkt wird anhand des Zeitraums von 1994 bis 2014, für den die einzelbetrieblichen Daten vorhanden sind, abgeleitet. Annahmegemäß kennt der Landwirt zum Planungszeitpunkt im Herbst 2014 bereits die erzielten Deckungsbeiträge der einzelnen Produktionsverfahren im Landwirtschaftsjahr 2014. In der Realität ist dies allerdings nicht der Fall. Da eine Verkürzung der Zeitreihen auf das Jahr 2013 mit einem entscheidenden Informationsverlust einhergegangen wäre, wurde diese Annahme getroffen.

der Bezugsgröße GDB zu bestimmen, besteht innerhalb dieser Arbeit aus drei Schritten:

Der erste Schritt beinhaltet die Zusammenstellung der einzelbetrieblichen Deckungsbeitragszeitreihen von Produktionsverfahren ausgewählter Betriebe (zur Berechnung der Deckungsbeiträge siehe Abschnitt 4.2). Daneben folgt die Ermittlung der hypothetischen Deckungsbeiträge verschiedener WIVs basierend auf den Informationen der gvf (siehe Abschnitt 5.4.1). Um die HE von WIVs so realitätsnah wie möglich zu bestimmen, ist lediglich das reale Marktangebot Bestandteil der Analyse. Des Weiteren erfolgt die Erhebung zusätzlicher einzelbetrieblicher Daten in Form des tatsächlich realisierten Produktionsprogramms, einzelbetrieblicher Kapazitäten und Restriktionen im Planzieljahr.

Der zweite Schritt umfasst die Auswertung der Deckungsbeitragszeitreihen mit Hilfe von Zeitreihenanalyseverfahren. Hierdurch werden die erwarteten Deckungsbeiträge für das Planzieljahr prognostiziert und Informationen über die Standardabweichung und Korrelationen der Deckungsbeiträge der verschiedenen Aktivitäten abgeleitet. Die Kenntnis über diese parametrischen Verteilungsinformationen – im Folgenden auch als Planannahmen bezeichnet – ist Voraussetzung für die Anwendung der Varianz-Kovarianz-Methode (siehe Abschnitt 2.1.2).

Im dritten Schritt fließen die ermittelte Standardabweichung, Erwartungswerte und Korrelationen sowie die einzelbetrieblichen Restriktionen in den gesamtbetrieblichen Risikoprogrammierungsansatz ein. Zunächst dient das tatsächlich realisierte Produktionsprogramm im Planzieljahr der Berechnung des damit erzielten GDBs und der empirischen Standardabweichung des GDBs.⁴⁰ Ausgehend davon wird die gesamtbetriebliche HE der WIV durch verschiedene Optimierungsschritte, die jeweils ohne und mit der zusätzlichen Hedgingaktivität durchgeführt werden, ermittelt.

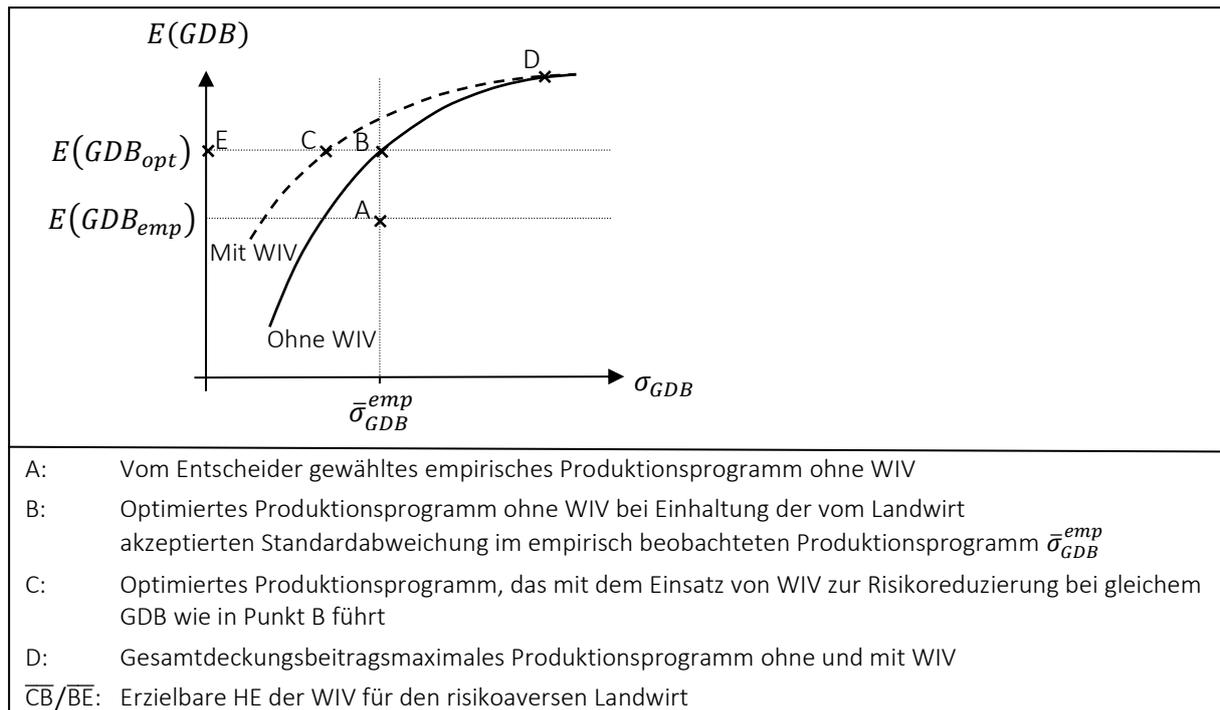
6.2 Das Optimierungsmodell

Im Folgenden wird das hier genutzte quadratische Optimierungsmodell detailliert erläutert. Das Ziel ist, dominierende Lösungen zu identifizieren und die einzelbetriebliche HE des Instruments bei einem gegebenen Aufpreis auf die faire Prämie zu ermitteln. Die Vorgehensweise ist in Abb. 13 dargestellt. Diese zeigt abstrakt den Verlauf der beiden Risikoeffizienzlinien⁴¹ ohne und mit der Hedgingaktivität. Dabei wird von einem Aufpreis für die WIV ausgegangen, bei dem der Einsatz dieses Hedginginstruments für einen risikoaversen Landwirt vernünftig wäre. Bei irrational hohen Aufpreisen würde die Risikoeffizienzlinie mit WIV mit der ohne WIV zusammenfallen.

⁴⁰ Die Standardabweichung des GDBs entspricht der Wurzel der Portfoliovarianz.

⁴¹ Das Konzept der Risikoeffizienzlinie ist bereits in Abschnitt 2.2.2 und 2.2.3 eingeführt worden. Auf dieser Linie liegen alle Produktionsprogramme, die risikoeffizient sind.

Abb. 13: Optimierungsschritte – Risikoeffizienzlinie ohne und mit WIV (mit Aufpreis)



Quelle: Verändert nach Mußhoff et al. (2008).

Punkt A kennzeichnet das tatsächlich realisierte Produktionsprogramm, das ein begrenzt rational handelnder Landwirt intuitiv und basierend auf Erfahrung gewählt hat. Auf dieser Grundlage werden der GDB und die empirische Standardabweichung des GDBs berechnet, die mit der Umsetzung dieses Produktionsprogramms in Kauf genommen wurden. Die Höhe des akzeptierten Erfolgsrisikos spiegelt implizit die Risikoeinstellung des Entscheiders wider. Dadurch kann auf die abstrakte Bestimmung der individuellen Risikoeinstellung des Entscheidungsträgers mit Hilfe des Risikoaversionskoeffizienten verzichtet werden (siehe Abschnitt 2.2.3). Die Optimierung erfolgt anschließend in zwei Schritten:

1. Die Analyse basiert auf einem gesamtbetrieblichen Risikoprogrammierungsansatz zur Ermittlung des optimalen Produktionsprogramms unter Risiko. Das Anbauprogramm wird ermittelt, das der Landwirt zum Entscheidungszeitpunkt im Herbst 2014 für das Planzieljahr festgelegt hätte, wenn er nicht begrenzt rational gehandelt hätte. Zur Eliminierung der begrenzten Rationalität wird das einzelbetriebliche Produktionsprogramm ohne WIV mit dem Ziel „Maximierung des GDBs“ optimiert. Die empirische Standardabweichung ist bei der Optimierung als Restriktion festgesetzt (von Punkt A nach Punkt B).
2. Im Folgenden möchte der Landwirt, der annahmegemäß risikoavers ist, ausgehend von Punkt B sein Risiko minimieren und dabei den gleichen GDB erreichen (von Punkt B nach Punkt C). WIVs stehen als externe Hedgingmöglichkeit zusätzlich zu den bisher realisierten Produktionsverfahren zur Auswahl. Beim Einsatz der Hedgingaktivität entstehen zunächst Kosten in Höhe der fairen Prämie (nicht in der Graphik dargestellt). In einer Variantenrechnung wird ein Aufpreis in festgelegter Höhe unterstellt (siehe Abb. 13). Ziel ist es, herauszufinden, ob WIVs das gesamtbetriebliche Erfolgsrisiko reduzieren und der Landwirt auch

bei einem gegebenem Aufpreis diese Versicherungen kaufen würde. Dazu wird die Standardabweichung des GDBs bei Einhaltung des GDBs aus dem ersten Schritt minimiert.

Das Optimierungsmodell für den ersten Schritt lässt sich gemäß folgender Gleichung formulieren (von Punkt A nach Punkt B):⁴²

$$\max_{u_{2015}^j} E(GDB_{2015}) = \max_{u_{2015}^j} \left(\sum_{j=1}^J E(DB_{2015}^j) \cdot u_{2015}^j \right) \quad (20)$$

Unter Berücksichtigung folgender Restriktionen:

$$\sum_{j=1}^J b_{2015}^{i,j} \cdot u_{2015}^j \leq c_{2015}^i, \text{ für } i = 1, 2, \dots, I$$

$$\sigma_{2015}^{GDB} \leq \bar{\sigma}_{2015,emp}^{GDB}$$

$$u_{2015}^j \geq 0, \text{ für } j = 1, 2, \dots, J$$

Die Anbaubauumfänge u_{2015}^j für das Planzieljahr werden unter Einhaltung der Restriktionen so bestimmt, dass der maximal zu erwartende GDB im Planzieljahr $E(GDB_{2015})$ erreicht wird. $E(DB_{2015}^j)$ ist der Zielfunktionskoeffizient und entspricht dem erwarteten Deckungsbeitrag je ha der einzelnen Produktionsverfahren j im Planzieljahr. Grundlage für die Herleitung des erwarteten Deckungsbeitrags ist der Informationsstand zum Planungszeitpunkt im Herbst 2014. Das heißt, die Deckungsbeitragszeitreihen der einzelnen Produktionsverfahren bis einschließlich des Jahres 2014 sind bekannt. Unter Rückgriff auf diese Zeitreihen dienen Zeitreihenanalyseverfahren zur Prognose des erwarteten Deckungsbeitrags jedes Produktionsverfahrens für das Planzieljahr.

c_{2015}^i kennzeichnet die im Planzieljahr verfügbaren Kapazitäten der Faktoren i . Innerhalb dieser Arbeit sind dies die Faktoren der „gesamten Anbaufläche“ und „gesamten Anzahl Arbeitskraftstunden“. $b_{2015}^{i,j}$ sind die Faktoransprüche je ha der einzelnen Produktionsverfahren. $\bar{\sigma}_{2015,emp}^{GDB}$ bzw. σ_{2015}^{GDB} entspricht der Standardabweichung des GDBs des empirischen bzw. optimierten Produktionsprogramms. $\bar{\sigma}_{2015,emp}^{GDB}$ berechnet sich folgendermaßen:

$$\bar{\sigma}_{2015,emp}^{GDB} = \left(\sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^J u_{2015,emp}^j \cdot u_{2015,emp}^l \cdot \sigma^j \cdot \sigma^l \cdot \rho^{j,l} \right)^{0,5} \quad (21)$$

σ^j und σ^l beschreiben die Standardabweichung der Störterme der Einzeldeckungsbeiträge und $\rho^{j,l}$ den Korrelationskoeffizienten.

⁴² Die im Folgenden beschriebenen Optimierungsmodelle werden mit dem Solver Knitro (Artelys 2001) in Kombination mit der mathematischen Programmiersprache AMPL gelöst.

σ_{2015}^{GDB} berechnet sich analog zu Formel (21) allerdings unter Verwendung der optimierten Anbauumfänge u_{2015}^j und u_{2015}^l anstelle der empirisch beobachteten Anbauumfänge $u_{2015,emp}^j$ und $u_{2015,emp}^l$.

Ausgehend von dem optimierten Produktionsprogramm wird nun das gesamtbetriebliche Risikoreduzierungspotenzial von WIVs analysiert (von Punkt B nach Punkt C). Dazu werden das Produktionsprogramm um diese zusätzliche Hedgingaktivität erweitert und die Standardabweichung des GDBs σ_{2015}^{GDB} minimiert. Für diese Minimierung bei gegebenem GDB wird das Optimierungsmodell, wie folgt beschrieben, umgestellt.

$$\min_{u_{2015}^j} \sigma_{2015}^{GDB} = \min_{u_{2015}^j} \left(\sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^J u_{2015}^j \cdot u_{2015}^l \cdot \sigma^j \cdot \sigma^l \cdot \rho^{j,l} \right)^{0,5} \quad (22)$$

Unter Berücksichtigung der Restriktionen:

$$\sum_{j=1}^J b_{2015}^{i,j} \cdot u_{2015}^j \leq c_{2015}^i, \text{ für } i = 1, 2, \dots, I$$

$$E(GDB_{2015}) \geq \overline{E(GDB_{2015,opt})}$$

$$u_{2015}^j \geq 0, \text{ für } j = 1, 2, \dots, J$$

Der gegebene GDB entspricht dabei dem aus der ersten Optimierung resultierenden GDB $\overline{E(GDB_{2015,opt})}$ (siehe Formel 20)). $E(GDB_{2015})$ ist der GDB, der sich basierend auf dem in Formel (22) optimierten Produktionsprogramm ergibt. Die dynamische Anpassung des Produktionsprogramms bei gleichzeitigem Einsatz von WIVs trägt dem Umstand Rechnung, dass ein rationaler Landwirt die Zusammensetzung seines Produktionsprogramms durch den Einsatz eines Risikomanagementinstruments möglicherweise verändert.

Die Strecke $\overline{CB}/\overline{BE}$ beschreibt die HE, die durch den Einsatz von WIVs erzielt werden kann. Dies entspricht der Risikoreduzierung, die mit dem optimierten Produktionsprogramm nach Ergänzung um die Hedgingaktivität resultiert. Dieses optimale Produktionsprogramm würde ein risikoaverser und optimierender Landwirt wählen. Folglich ist die zu wählende Hedgingstrategie das Ergebnis der Optimierung.

Zwei Determinanten beeinflussen das einzelbetriebliche Risikoreduzierungspotenzial von WIVs: die Art der Korrelationen (negative oder gering positive) zwischen den Deckungsbeiträgen der herkömmlichen Produktionsverfahren und der WIV sowie die Kosten für den Einsatz der WIV in Höhe des Aufpreises. Um den Effekt der Kosten auf die nachgefragte Menge an Kontrakten zu bestimmen, wird die Optimierung erst ohne Aufpreis und hinterher mit Aufpreis durchgeführt.

Punkt D beschreibt das gesamtdeckungsbeitragsmaximale Produktionsprogramm. Dieses ist ohne und mit Hedgingaktivität identisch, wenn WIVs mit Aufpreis erworben werden können. Der Grund ist die Verringerung des maximalen GDBs bei Einsatz von WIVs mit Aufpreis.

6.3 Datengrundlage

Die folgenden Abschnitte enthalten die Beschreibung der Betriebe, für die die HE des Marktangebots mit Hilfe des gesamtbetrieblichen Risikoprogrammierungsansatzes bestimmt wird, und der untersuchten WIVs. Anschließend wird auf die Ermittlung der erwarteten Deckungsbeiträge und Standardabweichungen durch eine Zeitreihenanalyse eingegangen. Hierbei handelt es sich um die Planannahmen, die für die Risikoprogrammierung notwendig sind.

6.3.1 Die untersuchten Betriebe

Die untersuchten Betriebe wurden anhand verschiedener Kriterien ausgewählt. Entscheidend für die Auswahl der Betriebe waren möglichst identische Produktionsprogramme von Jahr zu Jahr. Zudem ist eine starke Diversifizierung der Produktionsprogramme wesentlich, d. h. mindestens fünf Produktionsverfahren müssen realisiert worden sein. Des Weiteren sind möglichst lückenlose Deckungsbeitragszeitreihen der einzelnen Produktionsverfahren erforderlich. Das heißt, die Zeitreihen dürfen maximal eine Lücke im gesamten Beobachtungszeitraum enthalten.⁴³ Diese Kriterien erfüllten lediglich zwei der 20 Betriebe. Die Produktionsprogramme der beiden Betriebe sind unterschiedlich. Beide liegen in der Untersuchungsregion im Süden Nordrhein-Westfalens.

Neben den bereits vorhandenen einzelbetrieblichen Daten (siehe Abschnitt 4.2) wurden zusätzlich weitere einzelbetriebliche Informationen erhoben. Dazu zählen die im Planzieljahr gegebene Faktorausstattung oder Fruchtfolgerestriktionen. Zur Gewinnung der Daten erfolgte eine Befragung der Landwirte mit Hilfe eines standardisierten Fragebogens, der insgesamt sieben Fragen enthielt (siehe Anhang 14).⁴⁴ Auf Grund der genutzten Daten handelt es sich bei dem Betriebsmodell um ein realitätsnahes und nicht um ein abstraktes, synthetisch konstruiertes Modell, wie dies in bereits durchgeführten Studien der Fall war (siehe Kapitel 3). Die Informationen zur Faktorausstattung der Betriebe sind in Tab. 15 zusammengefasst.

Tab. 15: Faktorausstattung der Betriebe im Jahr 2015

Betrieb	Bezugszeitraum	Anzahl der Produktionsverfahren	Gesamte verfügbare Anbaufläche ¹⁾ (ha)	Verfügbare Gesamtarbeitszeit ^{1) 2)} (AKh)
1	1994 - 2014	5	436,3 ³⁾	5150
7	1994 - 2014	5	129,5 ³⁾	4700

¹⁾ Die Faktorausstattung bezieht sich auf den Anbau der Hauptkulturen. ²⁾ Betrieb 1: 3 Vollzeit-AK, Betrieb 2: 2 Vollzeit-AK, keine Berücksichtigung von Saison-AK. ³⁾ Diese Angabe wurde an die tatsächlich genutzte Anbaufläche in 2015 angepasst.
Quelle: Eigene Darstellung.

⁴³ Die Kriterien sind wie folgt begründet: Erstens werden für die Durchführung der Zeitreihenanalyse lückenlose Zeitreihen benötigt (Schlittgen 2012: 237f.). Fehlende Datenpunkte müssen demnach ergänzt bzw. geschätzt werden. Da diese Schätzung jedoch mit Ungenauigkeiten verbunden ist, wurde die Anzahl der Lücken auf eine je Zeitreihe begrenzt. Zweitens wird unterstellt, dass bei der Anwendung von Portfolioansätzen ein möglichst stark diversifiziertes Produktionsprogramm von besonderem Interesse ist.

⁴⁴ Die Befragung erfolgte schriftlich. Allerdings beantworteten die Landwirte, die gleichzeitig die Betriebsleiter sind, nicht alle Fragen. Darüber hinaus konnten letztlich nicht alle Informationen für die Analyse verwendet werden, da nicht für beide Betriebe die gleichen Informationen vorlagen. Dazu zählen u. a. die verfügbaren Feldarbeitstage je Kultur.

Die einbezogenen Produktionsverfahren entsprechen den angebauten Hauptkulturen, wie Winterweizen und Zuckerrüben. Aus Datenschutzgründen ist die namentliche Nennung der unterschiedlichen Kulturen nicht möglich. Diese sind stattdessen durch die Abkürzungen PV1, PV2, etc. gekennzeichnet. Produktionsverfahren, die zwar realisiert wurden, aber nicht den zuvor genannten Kriterien entsprachen, konnten nicht für die Analyse verwendet werden. Zusätzlich zu den Produktionsverfahren wurde die Aktivität „Brache“ eingeführt. Demnach beziehen sich die Fruchtfolgerestriktionen nicht auf die tatsächlich für die Produktion genutzte Anbaufläche, sondern auf die insgesamt verfügbare Fläche.

In Tab. 16 und Tab. 17 sind die Faktorinanspruchnahmekoeffizienten der einzelnen Produktionsverfahren und der Aktivität „Brache“ an den Faktor „Arbeit“ der beiden Betriebe dargestellt. Zusätzlich sind die einzelbetrieblichen Fruchtfolgerestriktionen ausgewiesen. Der Arbeitsanspruch in Arbeitskraftstunden (AKh) je ha der Produktionsverfahren beruht auf den Angaben in den „Richtwert-Deckungsbeiträgen 2015“ der LWK NI (LWK NI 2015).⁴⁵ Tab. 16 beinhaltet die Informationen für Betrieb 1.

Tab. 16: Einzelbetriebliche Faktorinanspruchnahmekoeffizienten und Fruchtfolgerestriktionen, Betrieb 1¹⁾

Produktionsverfahren		PV1_1	PV2_1	PV3_1	PV4_1	PV5_1	Brache
Arbeitskraftbedarf (AKh/ha)		8,50	8,10	5,50	7,10	9,64	2,20
Fruchtfolgerestriktionen (% der verfügbaren Anbaufläche)	Min	10	4	15	10	10	0
	Max	30	30	40	35	35	100

¹⁾ Da die Angaben des Landwirts im Vergleich zu den Restriktionen im tatsächlich umgesetzten Produktionsprogramm viel restriktiver waren, wurden diese anhand des tatsächlich realisierten Produktionsprogramms abgeleitet.

Quelle: Eigene Darstellung.

Die Daten für Betrieb 7 sind in Tab. 17 zusammengefasst.

Tab. 17: Einzelbetriebliche Faktorinanspruchnahmekoeffizienten und Fruchtfolgerestriktionen, Betrieb 7¹⁾

Produktionsverfahren		PV1_7	PV2_7	PV3_7	PV4_7	PV5_7	Brache
Arbeitskraftbedarf (AKh/ha)		8,14	5,50	12,00	9,22	6,30	2,20
Fruchtfolgerestriktionen (% der verfügbaren Anbaufläche)	Min	0	0	0	0	0	0
	Max	40	30	5	20	20	100

¹⁾ Da die Angaben des Landwirts im Vergleich zu den Restriktionen im tatsächlich umgesetzten Produktionsprogramm viel restriktiver waren, wurden diese anhand des tatsächlich realisierten Produktionsprogramms abgeleitet.

Quelle: Eigene Darstellung.

⁴⁵ Gaben die Landwirte einzelne Arbeitsvorgänge an einen Lohnunternehmer ab, wurde diese Angabe entsprechend korrigiert, da die in den „Richtwert-Deckungsbeiträgen 2015“ ausgewiesenen AKh je ha dies nicht zwangsläufig beinhalten. Die benötigten AKh je ha für den betreffenden Arbeitsvorgang wurden von den angegebenen Gesamt-AKh je ha abgezogen. Die dafür nötigen Informationen stammen aus dem „Verfahrensrechner Pflanze“ des KTBL (KTBL 2017). Welche Arbeiten Lohnunternehmer genau übernahmen, wurde ebenfalls von den Landwirten erfragt, da bei der Berechnung der Deckungsbeiträge die damit verbundenen Kosten bereits berücksichtigt worden sind (siehe Abschnitt 4.2).

Darüber hinaus stellte die LWK NRW die Informationen zu den Produktionsprogrammen, die die Landwirte im Jahr 2015 tatsächlich realisierten, zur Verfügung. Diese Information ist nötig, um die mit der Umsetzung des Produktionsprogramms implizit akzeptierte Standardabweichung des GDBs berechnen zu können.

Auf Grund der vorgenommenen Anpassungen, der Beschränkung auf die Hauptproduktionsverfahren und die wesentliche Faktorausstattung (Gesamtarbeitszeit und gesamte Anbaufläche) sind die Betriebsmodelle vereinfacht, aber sehr realitätsnah. In der Realität sind landwirtschaftliche Unternehmen komplexer, da die Produktionsprogramme zum einen mehr Produktionsverfahren umfassen, als in die Analyse eingeflossen sind. Zum anderen gibt es unter Umständen andere Aktivitäten, wie die Zupacht von Fläche oder der Einsatz von Saisonarbeitskräften. Da jedoch nicht alle Informationen für beide Betriebe gleichermaßen vorlagen, enthalten die Optimierungsmodelle nur die wesentlichen Restriktionen und Kapazitäten.

6.3.2 Die untersuchten Wetterindexversicherungen

Um eine realitätsnahe Analyse der gesamtbetrieblichen HE von WIVs durchzuführen, beruht diese nicht auf den fiktiven WIVs, sondern auf dem in Abschnitt 5.4.1 ausführlich erläuterten Angebot der gvf VersicherungsMakler AG. Die gvf bietet keine pauschalen Indizes an, sondern ermittelt diese betriebs- und fruchtartenspezifisch. Der Index entspricht dem berechneten prognostizierten Ertragsverlauf einer Kultur. Für das Indexdesign nutzt der Spezialmakler Informationen über die für eine Referenzfruchtart relevanten Wettervariablen. Die Ermittlung erfolgt für jeden Betrieb einzeln. Innerhalb dieser Studie ist die Referenzfruchtart der Winterweizen, da dessen Anbau für den Erfolg der betrachteten Betriebe von erheblicher Bedeutung ist (siehe Abschnitt 4.2). Die in Realität angebotene Versicherung ist eine Put-Option p mit folgender Auszahlungsstruktur P_t^p in Jahr t :

$$P_t^p = V * \max(K - I_t; 0) \quad (23)$$

V beschreibt die Tick Size, K das Strike Level und I_t den Wert des Indexes in Jahr t . Annahm gemäß bietet die gvf dem Landwirt zudem eine Call-Option c an. In der Realität ist deren Erwerb nicht möglich. Die Auszahlungsstruktur der Call-Option P_t^c ist folgende:

$$P_t^c = V * \max(I_t - K ; 0) \quad (24)$$

Der Kauf einer Call-Option ist im Fall der angebotenen WIV kontraintuitiv. Vor dem Hintergrund des angebotenen Index erfolgt eine Auszahlung in guten Winterweizenertragsjahren und nicht in schlechten Jahren, wovon man eigentlich ausgehen würde. Die Analyse dieser Call-Option ist von Interesse, da der Effekt solcher gegenläufigen Zahlungsströme im gesamtbetrieblichen Portfolio nach bisherigem Kenntnisstand noch nicht Gegenstand der Forschung war. In Tab. 18

sind die für die Put- und Call-Option geltenden Strike Level K ⁴⁶ und die Tick Size V jeweils für die beiden analysierten Betriebe dargestellt. Für die Festlegung der Tick Size diente der betriebspezifische Erntepreis für Winterweizen im Jahr 2014 als Orientierung.

Tab. 18: Betriebsspezifische Parameter der Wetterindexversicherung

Betrieb	Bezugszeitraum ¹⁾	Einbezogene betriebsspezifische fruchtartenrelevante Wettervariablen	Strike Level K (dt/ha)	Tick Size V (€/dt)
1	1994 - 2014	Kumulativer Niederschlag im Oktober und im April	88,33	19
7	1995 - 2014	Mangelnder Niederschlag im April und kumulative Minimumtemperatur im November	108,98	16

¹⁾ Für Betrieb 7 berechnete der Spezialmakler den Index von 1995 - 2014.

Quelle: Eigene Darstellung.

Bisher wurde in dieser Studie ein einkommensneutrales Risikomanagementinstrument unterstellt. Die Entscheidung des Landwirts über den Kauf einer WIV hängt allerdings nicht allein von der HE ab, sondern auch von den Kosten in Höhe des Aufpreises. Deshalb setzt sich an dieser Stelle der Preis der angebotenen WIV aus der versicherungsmathematisch fairen Prämie FP und zusätzlich aus einem Aufpreis AP zusammen. Dieser trägt den entstehenden Transaktionskosten, der Gewinnprämie und der Prämie für die Übernahme des Risikos Rechnung. Die faire Prämie wird, wie bisher, mittels Burn-Analyse bestimmt (Jewson und Brix 2005: 61f.). Experten der gvf zur Folge fällt bei einer WIV ein Aufpreis ungefähr in Höhe von $\frac{1}{3}$ der fairen Prämie an. Bei der Festlegung des Aufpreises kommen die niedrigeren Transaktionskosten bei Einsatz einer WIV gegenüber herkömmlichen Schadensversicherungen zum Tragen (siehe Abschnitt 1.1). Der Gesamtpreis je Kontrakt GP wird entsprechend der folgenden Gleichung berechnet:

$$GP = FP + AP = 1,33 \cdot FP \quad (25)$$

Bei der Entscheidung über den Kauf der Versicherung darf sich ein Landwirt jedoch nicht am Gesamtpreis orientieren. Aus Kostensicht ist der Aufpreis, der die eigentlichen Kosten für die Versicherung widerspiegelt, entscheidend. Demnach ist die Differenz zwischen der Versicherungsprämie in einem Jahr und der fairen Prämie ausschlaggebend (vgl. z. B. Gömann et al. 2015). Der erwartete Deckungsbeitrag für die WIV im Planzieljahr $E(DB_{2015}^{WIV})$ entspricht also dem Aufpreis mit negativem Vorzeichen. Die für die analysierten Marktangebote entstehende faire Prämie sowie der Aufpreis sind in Tab. 19 zusammengefasst.

⁴⁶ Das Strike Level ist betriebsspezifisch durch die gvf ermittelt und entspricht dem „Basis Strike Level“ (Strike Level I) (siehe Abschnitt 5.4.1), d. h. dem durchschnittlichen Ernteertrag von 1994 - 2014 für Betrieb 1 und von 1995 - 2014 für Betrieb 7. Diese Annahme ist nicht realistisch, da es sehr häufig und auch bei geringen Abweichungen vom Strike Level zu einer Auszahlung kommt und damit mit dem Einsatz einer WIV entsprechend hohe Kosten verbunden wären. Aus diesem Grund ist das Produkt mit diesem Strike Level nicht verfügbar. Allerdings wäre es bei den von der gvf vorgeschlagenen alternativen Strike Level (Strike Level II, III, IV, V, siehe Abschnitt 5.4.1) bei beiden Betrieben in der Vergangenheit nie zu einer Auszahlung gekommen. Um die Analyse durchführen zu können, wurde deshalb das „Basis Strike Level“ verwendet.

Tab. 19: Faire Prämie und Aufpreis der Wetterindexversicherung

Betrieb	Faire Prämie ¹⁾ (€/Kontrakt)	Aufpreis ^{2) 3)} (€/Kontrakt)
1	29,33	9,68
7	29,52	9,74

¹⁾ Die faire Prämie und Aufpreis sind für die Put- und die Call-Option gleich. ²⁾ In Realität ist das Verfahren zur Preisbestimmung komplexer. Der Aufpreis des Spezialmaklers weicht folglich von dem hier ausgewiesenen ab. Allerdings machte die gvf hierzu keine Angaben. ³⁾ Bezugszeitraum Betrieb 1: 1994 - 2014, Betrieb 7: 1995 - 2014.

Quelle: Eigene Darstellung.

6.3.3 Bestimmung der Verteilungen und Korrelationen der Einzeldeckungsbeiträge im Rahmen einer Zeitreihenanalyse

Zum Planungszeitpunkt im Herbst 2014 fehlten die Informationen über die zu erwartenden Einzeldeckungsbeiträge im Planzieljahr und die Unsicherheit, die mit der Realisierung der einzelnen Produktionsverfahren verbunden ist. Zur Gewinnung dieser Informationen werden die empirischen Einzeldeckungsbeitragszeitreihen der Produktionsverfahren der beiden Betriebe statistisch ausgewertet.

Ablauf der Zeitreihenanalyse

Zur Ermittlung der zu erwartenden Einzeldeckungsbeiträge gibt es verschiedene Prognoseverfahren. Nach Mußhoff und Hirschauer (2007) ist ein Prognosemodell, das auf den statischen Verteilungen der empirischen Einzeldeckungsbeiträge beruht, unzureichend, da die Berechnung von Mittelwert und Standardabweichung der empirischen Daten keine Trends und Zeitabhängigkeiten berücksichtigt. Stattdessen ist eine Zeitreihenanalyse notwendig. Im Kontext von Planungsproblemen unter Risiko haben sich lineare Zeitreihenanalysen unter Annahme stochastischer Prozesse, wie beispielsweise ARIMA(p,d,q)-Modelle, zur Ableitung von Prognosemodellen als geeignet erwiesen (vgl. z. B. Narayana und Parikh 1981; Zering et al. 1987; Mußhoff und Hirschauer 2007; Mußhoff et al. 2008). ARIMA(p,d,q)-Modelle ermöglichen im Gegensatz zu herkömmlichen Trendverfahren die Aufdeckung von Entwicklungsmustern. Des Weiteren sind sie flexibel und in der Lage, viele verschiedene Typen ökonomischer Zeitreihen zu beschreiben (Schlittgen und Streitberg 2001: 105). Sie kommen deshalb auch für die Ermittlung der parametrischen Verteilungsinformationen (Planannahmen) anhand der betrieblichen Deckungsbeitragszeitreihen, die für die Durchführung der gesamtbetrieblichen Risikoprogrammierung notwendig sind, in Betracht.

Diese Methodik erfordert für jede Deckungsbeitragszeitreihe die Ermittlung eines ARIMA(p,d,q)-Modells, welches bestmöglich zu diesen passt. Auf Grund der Vielzahl möglicher Modelle und der mit 20 bis 21 Datenpunkten relativ kurzen Zeitreihen⁴⁷ ist das allerdings herausfordernd. Die Modellanpassung erfolgt deshalb folgendermaßen:

⁴⁷ Normalerweise sollte eine Zeitreihe zur Anpassung eines geeigneten Modells 50 bis 100 Beobachtungen enthalten (Box et al. 2015: 15).

1. Anpassung von AR(1)-Prozessen und Prüfung der Eignung über die Testprozedur von Box und Jenkins (1976)^{48 49}
2. Heuristische Ermittlung von alternativen ARIMA(p,d,q)-Modellen über die in Statgraphics implementierte Programmroutine (Statpoint Technologies 2014)⁵⁰

Zuerst werden AR(1)-Prozesse geschätzt, da sie bereits in den Studien von Mußhoff und Hirschauer (2007) und Mußhoff et al. (2008) mit selber Zielsetzung und Datengrundlage als passend eingestuft wurden. Diesen Studien folgend sind AR(1)-Prozesse auch für diese Analyse plausibel. Zudem trägt diese Wahl der Forderung von Box und Jenkins (1976) Rechnung, Modelle mit möglichst wenig Parametern zu verwenden (Box et al. 2015: 14f.). Bei einem AR(1)-Prozess setzt sich der unbekannte Einzeldeckungsbeitrag für das Planzieljahr DB_{2015}^j aus dem Erwartungswert $E(DB_{2015}^j)$ und einem Störterm χ_{2015}^j zusammen:

$$\begin{aligned} DB_{2015}^j &= E(DB_{2015}^j) + \chi_{2015}^j \\ &= \alpha_0^j + \alpha_1^j \cdot DB_{2015-1}^j + \chi_{2015}^j \end{aligned} \quad (26)$$

mit $|\alpha_1^j| < 1$

(vgl. z. B. Enders 2015: 50). Der Erwartungswert $E(DB_{2015}^j)$ besteht aus einer Konstanten α_0^j und dem mit dem Faktor α_1^j gewichteten vorhergehenden empirischen Einzeldeckungsbeitrag im Jahr 2014.

Ergänzend wird über Statgraphics ein alternativer Prozess geschätzt, der nach den Kriterien von Box und Jenkins die Zeitreihe gleich gut oder besser als der AR(1)-Prozess beschreibt (siehe

⁴⁸ Zur Erläuterung der Testprozedur siehe Anhang 15. Fehlende Daten wurden über Mittelwertbildung der benachbarten Datenpunkte geschätzt.

⁴⁹ Ein zusätzlicher Einflussfaktor der Landwirtschaft sind die agrarpolitischen Reformen der Jahre 2000, 2003, 2009 und 2013 (EP 2018), wodurch Strukturbrüche in den Deckungsbeitragszeitreihen auftreten können. Diese müssen bei der Zeitreihenanalyse entsprechend Berücksichtigung finden. Allerdings ist die Ermittlung eines Strukturbruchs bei den für diese Studie verwendeten Zeitreihen schwierig, da diese verhältnismäßig kurz sind und die Deckungsbeiträge aus den untergeordneten Größen Erträge, Preise und variable Kosten berechnet wurden.

⁵⁰ Dabei wurde die implementierte Funktion „automatic forecasting“ verwendet. Selektionskriterium ist das Akaike Informationskriterium (AIC). Der Prozess mit dem niedrigsten AIC ist der am besten passende. Der alternative Prozess wird dabei heuristisch ermittelt. Die eigentliche Modellanpassung sowohl der AR(1)-Prozesse als auch des alternativen Prozesses wurde letztlich über Gretl vorgenommen. Dieses Vorgehen ist wie folgt begründbar: ein Vergleich der drei Softwarepakete Statgraphics, SAS und Gretl (SAS Institute 2008; Das Gretl-Team 2000) zeigte, dass die Berechnung des AIC in Statgraphics auf anderen Methoden beruht als bei SAS und Gretl. Diese Softwarepakete verfügen nicht über eine „automatic forecasting“ Programmroutine. Auf Grund der unterschiedlichen Berechnungsmethoden weichen die durch Statgraphics ermittelten Ergebnisse bezüglich der Modellparameter von denen von SAS und Gretl ab (siehe Anhang 16). Die Programmroutine in Statgraphics diente deshalb lediglich als Hilfsmittel für die Ermittlung des alternativen Prozesses. Die Rangfolge bezüglich der Güte der Prozesse (AR(1)-Prozess vs alternativer Prozess) änderte sich dadurch jedoch nicht.

Anhang 17).⁵¹ Das Ergebnis der Schätzung der alternativen Prozesse war zum einen eine einmalige Differenzierung aller einzelbetrieblichen Deckungsbeitragszeitreihen. Damit geht eine Verkürzung der Zeitreihe um den ersten Datenpunkt einher. Zum anderen resultierten bei der Modellschätzung teilweise ARIMA(p,d,q)-Modelle höherer Ordnung.

Die Deckungsbeiträge der WIV sind im Risikoprogrammierungsansatz als Normalverteilung dargestellt. Um die unbekanntenen Verteilungsparameter der WIV zu bestimmen, dienen die hypothetischen Zahlungsströme, die resultiert wären, wenn die Versicherung in der Periode von 1994 bis 2014 verfügbar gewesen wäre.

Die gewonnenen Planannahmen bezüglich der erwarteten Einzeldeckungsbeiträge der Produktionsverfahren, Standardabweichungen und Korrelationen fließen in den Risikoprogrammierungsansatz ein. Die Optimierungsrechnungen werden jeweils mit den Planannahmen aus beiden Prognosemodellen durchgeführt und die Ergebnisse miteinander verglichen. Diese Vorgehensweise hat den Zweck, die Relevanz der Planannahmen für die Optimierung zu untersuchen.

Ergebnisse der Zeitreihenanalyse

Die aus der Zeitreihenanalyse hergeleiteten, zu erwartenden Deckungsbeiträge sowie die Standardabweichungen und Korrelationen der Störterme sind in Tab. 20 dargestellt. Für die Produktionsverfahren sind die Ergebnisse für beide Prognosemodelle, d. h. den AR(1)-Prozess und den alternativen Prozess (in Klammern) zusammengefasst. Im Vergleich zu den Ergebnissen auf Basis der AR(1)-Prozesse resultieren bei den alternativen Prozessen höhere erwartete Deckungsbeiträge bei (teilweise) niedrigerer Standardabweichung. Beide Betriebe können bei der Portfoliozusammensetzung zwischen rentableren und weniger rentablen bzw. riskanteren und weniger riskanteren Produktionsverfahren wählen. Zum Beispiel ist bei Betrieb 1 im Vergleich zu den anderen Verfahren der zu erwartende Deckungsbeitrag im Jahr 2015 von PV3 mit ca. 2 067 €/ha höher als der von PV5 mit ca. 865 €/ha. Gleichzeitig ist die Realisierung der Verfahren mit einer unterschiedlich hohen Unsicherheit verbunden.

Für die Aktivität „Brache“ wurde der Deckungsbeitrag anhand der Richtwert-Deckungsbeiträge 2015 abgeleitet. Annahmegemäß trägt diese Aktivität nicht zum Erfolgsrisiko bei. Der realitätsferne Deckungsbeitrag von null Euro bei den Aktivitäten „Kauf einer Put- bzw. Call-Option“ ist eine weitere Annahme. Das heißt, in diesem Schritt beträgt bei der Minimierung der

⁵¹ Aus den Analysen ergeben sich nicht immer Prozesse mit $N[0, \sigma]$ normalverteilten Störtermen und Parameter, die auf dem 5% Niveau statistisch signifikant sind (siehe Anhang 17). Die Prognosemodelle beschreiben die Zeitreihe somit nicht exakt. Folglich sind die Planannahmen für das Planzieljahr 2015 u. U. nicht optimal (Schlittgen und Streitberg 2001: 347). Auf die Durchführung des Risikoprogrammierungsansatzes hat dies keinen Einfluss, da dem zentralen Grenzwertsatz folgend eine annähernde Normalverteilung der Erfolgsgröße angenommen werden kann. Allerdings weisen Mußhoff und Hirschauer (2008) auf eine mögliche Unterschätzung der HE auf Grund der Normalverteilungsannahme bei der Bewertung von WIVs hin. Dies kann der Fall sein, wenn die hier analysierten WIVs auf Grund ihres Optionscharakters zur „systematischen Stützung der Verteilung oder zumindest zu geringeren Wahrscheinlichkeiten in ihrem linken Bereich“ (Mußhoff und Hirschauer 2008: 273) führen. Wird dennoch eine Normalverteilung unterstellt, „unterschätzt man die Hedgingeffektivität systematisch, da über die Berechnung der Varianz die reduzierte Variabilität als reduzierte symmetrische Abweichung vom Mittelwert fehlinterpretiert wird“ (Mußhoff und Hirschauer 2008: 273). Dies hat auch Auswirkungen auf den in dieser Studie angewandten Risikoprogrammierungsansatz und muss bei der Ergebnisauswertung und Interpretation berücksichtigt werden.

Volatilität des GDBs mit WIV der Aufpreis annahmegemäß null Euro auf die faire Prämie. Bei einer weiteren Optimierung gilt der errechnete Aufpreis in Höhe von $\frac{1}{3}$ der fairen Prämie. Der Deckungsbeitrag, der mit dem Einsatz der WIV einhergeht, ist somit negativ. Durch diese Herangehensweise kann die Wirkung des Aufpreises auf den Umfang der Hedgingaktivität, den ein rational handelnder Landwirt wählen würde, ermittelt werden.

Die Korrelationen variieren entsprechend des verwendeten Prognosemodells. Die Deckungsbeiträge der einzelnen, betriebsspezifischen Produktionsverfahren sind (überwiegend) positiv miteinander korreliert. Dies spricht gegen eine Reduzierung des Erfolgsrisikos auf Grund eines Natural Hedge auf Ebene der Einzeldeckungsbeiträge (siehe Abschnitt 2.1.1). Demgegenüber sind (hauptsächlich) negative Korrelationen zwischen den Deckungsbeiträgen der Produktionsverfahren und denen der Call-Option zu beobachten. Die Deckungsbeiträge der Produktionsverfahren und die der Put-Option sind hingegen primär positiv korreliert. Dieses Ergebnis ist interessant, da es bei beiden Betrieben auf eine Reduzierung des unternehmerischen Erfolgsrisikos eher durch den Kauf der konzipierten Call-Option als durch den Kauf der Put-Option hinweist. Demnach würden die Landwirte davon profitieren, wenn der prognostizierte Winterweizenertrag das festgelegte Strike Level nicht unterschreitet (wie man intuitiv annehmen würde) sondern überschreitet. Eine Zahlung erfolgt somit, weil der Indexertrag gut war und nicht, weil es zu Einbußen des Indexertrags kam. Über das tatsächliche gesamtbetriebliche Risikoreduzierungspotenzial sagt dies jedoch nichts aus, da die Optimierungsergebnisse bekannt sein müssen, um dieses ermitteln zu können.

Tab. 20: Planannahmen auf Basis des AR(1)-Prozesses (bzw. des alternativen Prozesses), Betrieb 1 und Betrieb 7

		Betrieb 1 ¹⁾							Betrieb 7 ²⁾								
Aktivitäten		PV1_1	PV2_1	PV3_1	PV4_1	PV5_1	Put	Call	Brache	PV1_7	PV2_7	PV3_7 ³⁾	PV4_7	PV5_7	Put	Call	Brache
E(DB') (€/ha, €/Kontrakt)		1 034,31 (1 156,59)	1 052,96 (1 427,59)	2 066,93 (1 871,46)	975,22 (1 124,59)	864,85 (1 263,10)	0	0	-150	679,63 (1 221,29)	2 411,56 (2 443,67)	491,66	1 659,07 (2 237,43)	1 772,08 (2 524,30)	0	0	-150
σ (€/ha, €/Kontrakt)		195,12 (179,28)	206,28 (171,67)	387,14 (392,47)	280,69 (207,77)	305,51 (251,51)	47,02 (47,72)	43,25 (43,92)	0	468,06 (454,65)	474,06 (493,05)	427,16	671,66 (618,15)	798,33 (732,06)	31,38	47,51	0
Korrela- tionen	PV1_1	1,00	0,55 (0,38)	0,10 (0,14)	0,35 (0,25)	0,62 (0,15)	0,49 (0,49)	-0,23 (-0,17)		PV1_7	1,00	-0,03 (0,17)	0,34 (0,48)	0,11 (-0,03)	-0,10 (-0,25)	0,01 (0,09)	0,02 (0,02)
	PV2_1		1,00	0,13 (0,11)	0,17 (-0,21)	0,39 (-0,06)	0,42 (0,32)	-0,39 (-0,33)		PV2_7		1,00	0,04 (0,13)	-0,05 (-0,10)	0,55 (0,53)	0,35 (0,38)	0,00 (-0,06)
	PV3_1			1,00	0,28 (0,39)	0,30 (0,32)	-0,12 (0,02)	0,14 (0,17)		PV3_7			1,00	0,12 (0,06)	0,11 (-0,11)	0,21	-0,19
	PV4_1				1,00	0,39 (0,54)	0,20 (0,04)	-0,27 (-0,31)		PV4_7				1,00	0,37 (0,20)	0,52 (0,56)	-0,56 (-0,53)
	PV5_1					1,00	0,51 (0,17)	-0,23 (-0,20)		PV5_7					1,00	0,24 (0,24)	-0,17 (0,00)
	Put							1,00	-0,44 (-0,47)		Put					1,00	-0,61
	Call								1,00		Call						1,00

¹⁾ Der Bezugszeitraum für die Berechnung der einzelbetrieblichen Planannahmen auf Basis von AR(1)-Prozessen sowie der Deckungsbeiträge der WIV ist von 1994 - 2014 und auf Basis der alternativen Prozesse von 1995 - 2014, da die Differenzierung die Zeitreihe um den ersten Datenpunkt verkürzt. Der Bezugszeitraum für die Berechnung der Deckungsbeiträge der WIV wurde entsprechend auf den Zeitraum 1995 - 2014 angepasst. ²⁾ Der Berechnung der Planannahmen auf Basis von AR(1)-Prozessen liegt der Bezugszeitraum 1995 - 2014 zugrunde, da die einzelbetrieblichen Daten für PV3 und die Indexdaten der Versicherung nur für diesen Zeitraum vorlagen. Der gleiche Zeitraum gilt bei den alternativen Prozessen, da durch die Differenzierung der erste Datenpunkt verloren geht. ³⁾ Hier wurden die Planannahmen auf Basis des AR(1)-Prozesses verwendet.

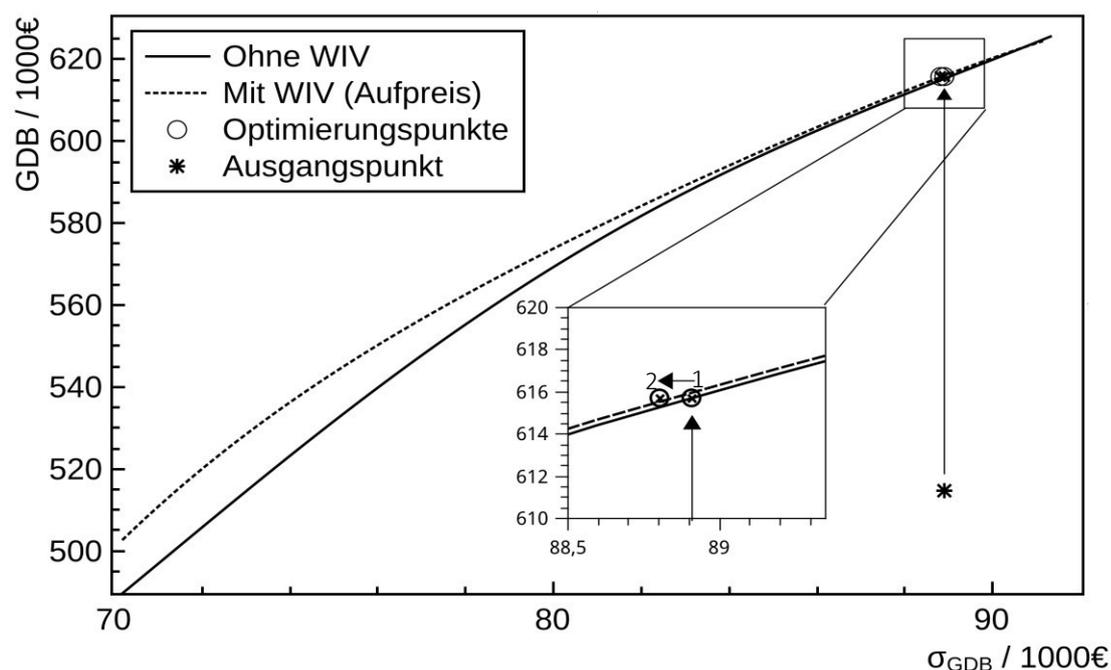
Quelle: Eigene Darstellung.

6.4 Optimierte Produktionsprogramme und ermittelte Hedgingeffektivitäten

Im vorliegenden Abschnitt werden die Ergebnisse des gesamtbetrieblichen Risikoprogrammierungsansatzes in Form des optimalen Produktionsprogramms und der gesamtbetrieblichen HE des Marktangebots der gv für die beiden untersuchten Betriebe präsentiert. Einen graphischen Eindruck über die Optimierungsergebnisse auf Basis des AR(1)-Prozesses geben Abb. 14 für Betrieb 1 und Abb. 15 für Betrieb 7. Für diese beiden Betriebe sind ausschließlich die Ergebnisse unter Verwendung der Planannahmen des AR(1)-Prozesses dargestellt, da ein ähnlicher Verlauf der Risikoeffizienzlinien bei der Nutzung der Planannahmen auf Basis der alternativen Prozesse anzunehmen ist. Die Abbildungen zeigen die Lage des empirischen Produktionsprogramms (Ausgangspunkt) und den Verlauf der Risikoeffizienzlinien ohne und mit WIV. Die Risikoeffizienzlinie mit WIV befindet sich links oberhalb derjenigen ohne WIV. Auch die Lage des optimierten Produktionsprogramms ohne WIV auf der Risikoeffizienzlinie ist abgebildet, die sich bei der Maximierung des GDBs unter Einhaltung des vom Entscheider akzeptierten Risikos ergibt (Optimierungspunkt 1). Daneben ist die Lage des optimierten Produktionsprogramms mit WIV nach der Minimierung des Risikos unter Einhaltung des optimierten GDBs auf der entsprechenden Risikoeffizienzlinie erkennbar (Optimierungspunkt 2).

Hätten beide Landwirte rational gehandelt, hätten sie mit dem optimalen Produktionsprogramm ohne WIV im Vergleich zum tatsächlich realisierten Produktionsprogramm im Planzieljahr einen höheren GDB bei gleichem Risiko erzielen können. Beiden Landwirten wird eine Risikoaversion unterstellt, da das optimale Produktionsprogramm nicht dem gesamtdeckungsbeitragsmaximalen Produktionsprogramm entspricht. Die Hinzunahme der Aktivität „Kauf einer Put- bzw. Call-Option“ reduziert bei beiden Betrieben das Erfolgsrisiko. Die Risikoreduzierung ist jedoch als gering einzustufen.

Abb. 14: Verlauf der Risikoeffizienzlinie ohne und mit WIV und Lage der optimierten Produktionsprogramme – Betrieb 1 auf Basis des AR(1)-Prozesses



Quelle: Eigene Darstellung.

Das Ergebnis aus dieser ersten Optimierung war Ausgangspunkt weiterer Optimierungen. Bei diesen wird folglich ein rational handelnder und optimierender Landwirt unterstellt. Zur Risikoreduzierung können sich die Landwirte neben der Realisierung der Produktionsverfahren nun für den Kauf der beschriebenen realitätsnahen Put- bzw. Call-Optionen (siehe Abschnitt 6.3.2) entscheiden. Hierzu folgte die Erweiterung der Produktionsprogramme um diese Hedgingaktivitäten und danach deren Optimierung mit dem Ziel, die Volatilität des GDBs zu minimieren. Wie anhand der negativen Korrelationen zwischen den Deckungsbeiträgen der Produktionsverfahren und denen der Call-Option zu erwarten war (siehe Tab. 20, Abschnitt 6.3.3), führt der Kauf von Call-Optionen zur fairen Prämie zur Minimierung des Erfolgsrisikos. Demgegenüber wäre es für die Entscheidungsträger nicht optimal, Put-Optionen einzusetzen. Der in Optimierungsschritt 1 ermittelte GDB sinkt dabei nicht (vgl. Zeile 3).

Bei Betrieb 1 steigt mit dem Kauf von Call-Optionen gleichzeitig der Anteil weniger riskanter Verfahren mit mittleren erwarteten Einzeldeckungsbeiträgen im Anbauprogramm. Somit ersetzt der Einsatz der WIV die Risikomanagementmaßnahme „innerbetriebliche Diversifizierung des Produktionsprogramms“. Bei Betrieb 7 resultieren keine oder marginale Änderungen der Anbauumfänge. Ohne Aufpreis ist es möglich, das Erfolgsrisiko von Betrieb 1 mit dem Einsatz der Call-Option auf der Grundlage des Indexangebots der gvf abhängig von dem Prognosemodell um 0,33% (Alternativprozess) bis 0,51% (AR(1)-Prozess) zu reduzieren. Für Betrieb 7 resultiert eine höhere HE. Die Risikoreduzierung beträgt zwischen 2,85% (Alternativprozess) und 4,63% (AR(1)-Prozess).

Ist bei einer nochmaligen Minimierung des Erfolgsrisikos der Einsatz der WIVs realistischer Weise mit einem Aufpreis in Höhe von $\frac{1}{3}$ der fairen Prämie verbunden, würde ein rational handelnder Landwirt weniger Kontrakte der Call-Option kaufen und die HE geringer ausfallen. Dies zeigt ein Vergleich von Zeile 3 und 4 bei Betrieb 7. Bei diesem Betrieb sinkt die HE von 4,63% auf 2,88% (AR(1)-Prozess). Im Gegenzug für die erzielte Risikoreduzierung müsste der Landwirt Kosten in Höhe von 2 049€ in Kauf nehmen (siehe Zeile 4, Tab. 22). Die Höhe des GDBs sinkt dabei nicht, da die mit dem Kauf von WIVs verbundenen Kosten durch eine Veränderung der Anbauumfänge der Produktionsverfahren kompensiert werden. Der Anteil von Produktionsverfahren mit höherem erwartetem Deckungsbeitrag steigt, während gleichzeitig der Anteil von Produktionsverfahren mit mittlerem erwartetem Deckungsbeitrag sinkt. Zum Beispiel steigt bei Betrieb 7 der Anteil von PV5 im Anbauprogramm, während der Anteil von PV1 sinkt. Die Anbauumfänge aller anderen Verfahren bleiben unverändert. Dadurch erzielt der Landwirt mit der Realisierung der betrieblichen Produktionsverfahren einen GDB in Höhe von 201 406€. Abzüglich der Kosten für den Kauf der Call-Option in Höhe von 2 049€ erzielt der Landwirt den erwünschten GDB von 199 357€.

Demnach kann der Landwirt die mit dem Kauf der Call-Optionen entstehenden Kosten über eine Veränderung der Anbauumfänge der Produktionsverfahren ausgleichen, ohne dabei den zu erzielenden GDB zu reduzieren. Gleichzeitig steigt jedoch das Erfolgsrisiko wieder an, da durch die Kosten für den Einsatz der WIV die zu kaufende Kontraktanzahl sinkt.

Tab. 21: Optimierungsergebnisse auf Basis des AR(1)-Prozesses¹⁾ (bzw. des alternativen Prozesses)²⁾, Betrieb 1

Zeile	Aktivitäten	PV1_1 (ha)	PV2_1 (ha)	PV3_1 (ha)	PV4_1 (ha)	PV5_1 (ha)	Put (Kon- trakte)	Call (Kon- trakte)	Brache (ha)	<i>GDB</i> (€)	σ^{GDB} (€)	HE (%)	Kosten für Kauf der WIV (Aufpreis · Anzahl ge- kaufter Kon- trakte) (€)
1	Empirisches Produktions- programm	128,40	21,20	88,20	50,80	147,70	-	-	-	514 711,51 (587 530,63)	88 908,77 (73 801,75)	-	-
2	Optimierung des Produktionspro- gramms ohne WIV $\max E(GDB_{2015})_{u_j}$	↓ 81,60 ↓ (74,30)	↑ 100,35 ↑ (130,89)	↑ 167,09 ↑ (136,82)	↓ 43,63 ↓ (43,63)	↓ 43,63 ↓ (50,66)	-	-	0,00 (0,00)	615 711,47 (641 902,81)	88 908,77 (73 801,75)	-	-
3	Optimierung des Produktionspro- gramms mit WIV, Annahme: faire Prämie $\min \sigma_{u_j}^{GDB_{2015}}$	↓ 72,27 ↓ (71,78)	↑ 109,85 → (130,89)	↓ 166,92 ↓ (136,38)	→ 43,63 → (43,63)	→ 43,63 ↑ (53,62)	0,00 (0,00)	212,47 (138,15)	0,00 (0,00)	615 711,47 (641 902,81)	88 450,60 (73 556,08)	0,51 (0,33)	0,00 (0,00)
4	Optimierung des Produktionspro- gramms mit WIV, Annahme: mit Aufpreis $\min \sigma_{u_j}^{GDB_{2015}}$	↑ 76,72 ↑ (74,30)	↓ 104,37 → (130,89)	↑ 167,95 ↑ (136,82)	→ 43,63 → (43,63)	→ 43,63 ↓ (50,66)	→ 0,00 → (0,00)	↓ 99,31 ↓ (0,00)	0,00 (0,00)	615 711,47 (641 902,81)	88 802,73 (73 801,75)	0,12 (0,00)	961,38 (0,00)

¹⁾ Die Richtung der Veränderung des Umfangs der einzelnen Aktivitäten im Vergleich zum vorherigen (optimierten) Produktionsprogramm ist mit schwarzen Pfeilen gekennzeichnet. ²⁾ Liegen die alternativen Prozesse zugrunde, kennzeichnen graue Pfeile die Richtung der Veränderung.

Quelle: Eigene Darstellung.

Tab. 22: Optimierungsergebnisse auf Basis des AR(1)-Prozesses¹⁾ (bzw. des alternativen Prozesses)²⁾, Betrieb 7

Zeile	Aktivitäten	PV1_7 (ha)	PV2_7 (ha)	PV3_7 (ha)	PV4_7 (ha)	PV5_7 (ha)	Put (Kon- trakte)	Call (Kon- trakte)	Brache (ha)	<i>GDB</i> (€)	σ^{GDB} (€)	HE (%)	Kosten für Kauf der WIV (Aufpreis · Anzahl ge- kaufter Kon- trakte) (€)
1	Empirisches Produktions- programm	51,60	38,20	2,50	17,20	20,00	-	-	-	192 397,67 (246 565,98)	41 435,16 (39 258,30)	-	-
2	Optimierung des Produktionspro- gramms ohne WIV $\max_{u_j} E(GDB_{2015})$	▼ 40,05 ▼ (43,92)	▲ 38,85 ▲ (38,85)	▲ 6,48 ▼ (0,00)	▲ 25,90 ▲ (25,90)	▼ 18,22 ▲ (20,28)	-	-	0,00 (0,55)	199 356,86 (257 641,41)	41 435,16 (39 258,30)	-	-
3	Optimierung des Produktionspro- gramms mit WIV, Annahme: faire Prämie $\min_{u_j} \sigma_{2015}^{GDB}$	→ 40,05 ▼ (43,73)	→ 38,85 → (38,85)	→ 6,48 → (0,00)	→ 25,90 → (25,90)	→ 18,22 ▲ (20,38)	0,00 (0,00)	262,27 (195,75)	0,00 (0,64)	199 356,86 (257 641,41)	39 516,88 (38 140,96)	4,63 (2,85)	0,00 (0,00)
4	Optimierung des Produktionspro- gramms mit WIV, Annahme: mit Aufpreis $\min_{u_j} \sigma_{2015}^{GDB}$	▼ 38,17 ▲ (43,79)	→ 38,85 → (38,85)	→ 6,48 → (0,00)	→ 25,90 → (25,90)	▲ 20,10 ▲ (20,96)	→ 0,00 → (0,00)	▼ 210,34 ▼ (167,12)	0,00 (0,00)	199 356,86 (257 641,41)	40 241,93 (38 437,86)	2,88 (2,09)	2 049,46 (1 628,28)

¹⁾ Die Richtung der Veränderung des Umfangs der einzelnen Aktivitäten im Vergleich zum vorherigen (optimierten) Produktionsprogramm ist mit schwarzen Pfeilen gekennzeichnet. ²⁾ Liegen die alternativen Prozesse zugrunde, kennzeichnen graue Pfeile die Richtung der Veränderung.

Quelle: Eigene Darstellung.

Die Ergebnisse variieren abhängig von den erwarteten Deckungsbeiträgen und deren Schwankungen, die mit der Umsetzung der einzelnen Produktionsverfahren verbunden sind, und als Planannahmen in das Optimierungsmodell einfließen. Folgende Kernergebnisse können hervorgehoben werden:

1. Die Planannahmen, die in das Modell einfließen, und damit auch das verwendete Prognosemodell bestimmen maßgeblich die Ergebnisse des Risikoprogrammierungsansatzes. Dies hat nicht nur einen Einfluss auf die Zusammensetzung des Produktionsprogramms, sondern auch auf die nachgefragte Kontraktanzahl der Call-Option, was sich letztlich anhand der gesamtbetrieblichen HE widerspiegelt. Die möglichst präzise Bestimmung der Planannahmen durch eine bestmögliche Anpassung des Prognosemodells an die zugrundeliegende Datenreihe ist dementsprechend eine entscheidende Voraussetzung der gesamtbetrieblichen Risikoprogrammierung.
2. Trifft ein Landwirt die Entscheidung über die Diversifizierung des Produktionsprogramms zum Planungszeitpunkt nicht anhand von Intuition und Erfahrung, sondern vollständig rational, ist eine effizientere Zusammensetzung des Produktionsprogramms möglich. Dies zeigte sich anhand der Optimierung des Produktionsprogramms unter Einhaltung des vom Landwirt bisher akzeptierten Risikos. Hier resultierte ein höherer GDB als derjenige des tatsächlich realisierten Produktionsprogramms.
3. Wird das einzelbetriebliche Produktionsprogramm um die Aktivität „Kauf von WIVs“ erweitert und mit dem Ziel optimiert, die Volatilität des GDBs zu minimieren, ist das Erfolgsrisiko bei gleichem GDB geringer. Jedoch führt nicht der Kauf der realen Put-Option zur Risikoreduzierung. Davon würde man intuitiv ausgehen, da das Marktangebot durch Abweichungen des Winterweizenertragsindex unterhalb des Strike Levels Ertragseinbußen kompensieren soll. Stattdessen resultiert eine Risikoreduzierung durch den Kauf der Call-Option, die anhand des Marktangebots konstruiert wurde. Zur Reduzierung der Volatilität des GDBs sind folglich Zahlungen durch Indexertragswerte oberhalb des Strike Levels von Vorteil und nicht solche auf Grund einer Unterschreitung. Somit führen Zahlungen des hier analysierten Marktangebots in guten Indexertragsjahren zu einer gesamtbetrieblichen Risikoreduzierung. Dieser gegenläufige Effekt ist zwar kontraintuitiv, deutete sich aber anhand der Korrelationen an.

Muss der Landwirt für die Risikoübernahme einen Aufpreis in festgelegter Höhe in Kauf nehmen, sinkt die nachgefragte Kontraktanzahl im Vergleich zur Hedge Ratio bei einem unrealistischen Aufpreis von null Euro. Damit fällt gleichzeitig die Höhe der Risikoreduzierung geringer aus. Demnach bestimmt nicht allein die Art der Korrelationen (negative oder geringe positive) zwischen den Deckungsbeiträgen der Produktionsverfahren und denen der WIV das einzelbetriebliche Risikoreduzierungspotenzial des Instruments. Gleichzeitig ist die nachgefragte Kontraktanzahl und damit die HE abhängig von den Kosten (in Höhe des Aufpreises) beim Einsatz der WIV. Die Berechnungen wurden lediglich mit einem Aufpreis durchgeführt, da annahmefolgermaßen die nachgefragte Kontraktanzahl mit steigendem Aufpreis weiter sinkt.

Bei der Bewertung von WIVs müssen die Kosten immer in Relation zur erzielten HE gesetzt werden. Auch WIVs mit einer geringen HE können effizient sein, wenn der Preis für diese entsprechend niedrig ist (siehe Abschnitt 2.2.4).

Ob dem Landwirt angesichts der entstehenden Kosten und der erzielten HE der Einsatz von WIVs wert ist, muss er in Abhängigkeit seiner individuellen Risikoeinstellung modellexogen entscheiden.

6.5 Diskussion der Ergebnisse des Risikoprogrammierungsansatzes

Ziel des gesamtbetrieblichen Risikoprogrammierungsansatzes war es, die Veränderung der Volatilität des einzelbetrieblichen GDBs zu ermitteln, wenn bei einer Optimierung neben den einzelbetrieblichen Produktionsverfahren die Aktivität „Kauf einer WIV“ zur Auswahl steht. Verglichen mit der historischen Simulation (siehe Kapitel 5) waren hierbei der Umfang der Hedgingaktivität (gekaufte Kontraktanzahl) und die Umfänge der Produktionsverfahren dynamisch anpassbar. Auf Grund der Komplexität landwirtschaftlicher Betriebe bildeten vereinfachte, realitätsnahe Betriebsmodelle die Grundlage der Optimierung. In diese Modelle flossen die Daten von zwei der 20 Betriebe ein. Das realitätsnahe Design der WIV basierte auf dem betriebs- und fruchtartenspezifische Indexangebot der gvF. Für die Optimierung ist die Kenntnis über die zu erwartenden Deckungsbeiträge und Standardabweichungen aller Aktivitäten (parametrische Verteilungsinformationen) sowie Korrelationen erforderlich. Diese Planannahmen für die einzelbetrieblichen Produktionsverfahren wurden mittels Zeitreihenanalyse aus den einzelbetrieblichen Daten der Jahre 1994 - 2014 hergeleitet.

Mit Hilfe des gewählten Ansatzes ergibt sich bei der Maximierung des GDBs ein effizienteres Produktionsprogramm, als das vom Landwirt im Planzieljahr durch Intuition und Erfahrung tatsächlich umgesetzte. Dieses Ergebnis trifft auf beide Betriebe zu. Die beiden Landwirte hätten einen höheren GDB bei der gleichen bisher akzeptierten Standardabweichung erzielen können, wenn sie rational und optimierend gehandelt hätten.

Ausgehend von diesen rational handelnden und optimierenden Landwirten verringerte sich nach Hinzufügen der Hedgingaktivität zum einzelbetrieblichen Produktionsprogramm das Erfolgsrisiko, ohne den optimierten GDB zu verringern. Gleichzeitig passen die rational handelnden Landwirte ihre Produktionsprogramme der veränderten Situation an. Dies zeigt die Bedeutung des dynamischen Planungsansatzes gegenüber dem gewählten statischen Ansatz bei der historischen Simulation (siehe Kapitel 5). Im Vergleich zu den Ergebnissen der historischen Simulation, bei der mit der standardisierten realen Hedgingstrategie eine gesamtbetriebliche HE zwischen -2,25% (Betrieb 1) und 0,72% (Betrieb 7) erzielt worden wäre (siehe Tab. 12, Abschnitt 5.4.2), war die HE beim Risikoprogrammierungsansatz ausschließlich positiv (bis zu 0,51%, Betrieb 1 und bis zu 4,63%, Betrieb 7). Zur Reduzierung des unternehmerischen Erfolgsrisikos ist die Wirkung der WIV unter Berücksichtigung der getroffenen Annahmen als gering einzustufen. Die beiden Landwirte verfügen also mit der innerbetrieblichen Diversifizierung des Produktionsprogramms bereits über ein gut funktionierendes Risikomanagementinstrument.

Der Nachweis dynamischer Anpassungsreaktionen bei dem Einsatz von WIVs auf Ebene des GDBs wurde bereits in Studien von Mußhoff et al. (2008), Kellner und Mußhoff (2011) sowie

Buchholz und Mußhoff (2014) erbracht (siehe Kapitel 3). Diese Studien analysierten allerdings die HE fiktiver niederschlags- oder bodenfeuchtebasierter Put-Optionen. Zudem nutzten die Autoren (teilweise) sekundäre Betriebsdaten für ihre Betriebsmodelle. Der Fokus lag dort auch auf Regionen in Deutschland mit extremeren Standortbedingungen. Demgegenüber wurden in dieser Arbeit realitätsnahe WIVs auf der Grundlage eines Marktangebots analysiert und realitätsnahe Betriebsmodelle mit moderaten Standortbedingungen verwendet. Diese Herangehensweise stellt damit einen entscheidenden Zugewinn bei der Ermittlung des Risikoreduzierungspotenzials von WIVs dar. Dies gilt besonders in Bezug auf die Betrachtung der Gesamtdeckungsbeitragsebene und die Bandbreite der Standortbedingungen von Betrieben in Deutschland.

Darüber hinaus wurden weitere Erkenntnisse über die Funktionsweise von WIVs im Gesamtbetrieb gewonnen. Im Vergleich zu einem einkommensneutralen Instrument führt ein Aufpreis zu einer geringeren Nachfrage an Kontrakten und einer geringeren HE. Des Weiteren reduziert sich bei den betrachteten Ackerbaubetrieben die Volatilität des GDBs beim Kauf von Call-Optionen und nicht von Put-Optionen. In Anbetracht des am Markt angebotenen Indexes, der dem prognostizierten Ertragsverlauf einer Referenzfruchtart entspricht, ist dies ein unerwartetes Ergebnis. Im Gesamtbetrieb tritt eine Risikoreduzierung somit nicht durch Zahlungen der WIV bei prognostizierten Mindererträgen auf, sondern auf Grund von Indexwerten oberhalb des Strike Levels, d. h. zu guter Indexerträge. Dieses Ergebnis ist vordergründig kontraintuitiv, aber durch den gewählten gesamtbetrieblichen Planungsansatz erklärbar. Würde der Spezialmakler Call-Optionen anbieten, bedarf es jedoch einer guten Kommunikationspolitik gegenüber dem Kunden, da das Angebot solcher Call-Optionen bei dem untersuchten Marktangebot auf den ersten Blick nicht dem Zweck dieser Versicherung entspricht.

Die Ergebnisse lassen trotz der Verwendung vereinfachter, realitätsnaher Betriebsmodelle und der Annahmen in Bezug auf das Design der realitätsnahen WIV folgendes Zwischenfazit zu:

1. Eine dynamische Anpassung des Produktionsprogramms ist bei der Bewertung von WIVs nicht zu vernachlässigen.
2. Sowohl die HE als auch die mit dem Hedging verbundenen Kosten müssen betrachtet werden, da diese die Nachfrage nach WIVs beeinflussen.
3. Die Analyse des Risikoreduzierungspotenzials von WIVs im gesamtbetrieblichen Kontext ist unabdingbar. Durch die verschiedenen Risikoquellen, die Einfluss auf das unternehmerische Erfolgsrisiko nehmen, wirken fruchtartenspezifische WIVs im gesamtbetrieblichen Portfolio unter Umständen anders als erwartet. Dies verdeutlicht die bereits in Abschnitt 5.4 gezeigte zwingende Notwendigkeit, Analysen zur HE von WIVs anhand der Volatilität einer übergeordneten Erfolgsgröße durchzuführen und nicht nur deren Wirkung auf die Schwankungen einer untergeordneten Größe, wie der Normerlöse, zu untersuchen.

Teil C: Schlussfolgerungen und Ausblick

7 Schlussfolgerungen und Ausblick

Schlussfolgerungen

Die vorliegende Arbeit analysierte das Potenzial von WIVs, um die Volatilität des einzelbetrieblichen GDBs zu reduzieren. Die Grundlage der Analyse bildeten einzelbetriebliche Datenreihen im Zeitraum zwischen 1994 und 2014 von 20 Ackerbaubetrieben in zwei Regionen Deutschlands mit moderaten Standortbedingungen (Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen). Maßstab für das Risikoreduzierungspotenzial war die gesamtbetriebliche HE, die mit Hilfe von zwei verschiedenen Methoden ermittelt wurde.

Mittels historischer Simulation erfolgte zunächst für alle 20 Betriebe ein Vergleich der Volatilität der tatsächlichen einzelbetrieblichen GDBs (ohne WIV) mit der Volatilität, die sich bei 25 verschiedenen fiktiven und realen Hedgingstrategien ergeben hätte. Die Auswahl der fiktiven Hedgingstrategien folgte dem in der Praxis und der Forschung dominierenden Ansatz, in dem sich die konzipierten fiktiven WIVs auf eine Referenzfruchtart bezogen. In dieser Studie fiel die Wahl auf den Winterweizen als Referenzfruchtart, da er von entscheidender Bedeutung für den Erfolg der untersuchten Betriebe ist. Insgesamt waren 20 verschiedene fiktive Hedgingstrategien Gegenstand der Analyse. Eine Hedgingstrategie bestand aus einem Kontrakt und einer Hedge Ratio. Die Untersuchung umfasste insgesamt zehn fiktive Kontrakte basierend auf verschiedenen hydrologischen Indizes (abgeleitet anhand von Niederschlags-, Rasterniederschlag- und Bodenfeuchtedaten) und Kontraktarten (Put- und Call-Option sowie Strangle mit im Vorhinein festgelegten Strike Level). Zusätzlich lag den fiktiven Hedgingstrategien eine vorher festgelegte standardisierte Hedge Ratio (ein Kontrakt je Hektar) zugrunde. In einem weiteren Schritt erfolgte die Optimierung der Strike Level und Hedge Ratios ex post. Darüber hinaus stellte die gvf, ein Spezialmakler für Versicherungen in der Landwirtschaft, ein individuelles Indexangebot für alle 20 Betriebe zur Verfügung. Anhand dieses Indexangebots wurden zusätzlich zu den fiktiven Strategien fünf reale Hedgingstrategien konzipiert und deren gesamtbetriebliches Risikoreduzierungspotenzial bestimmt. Bei dem Kontrakt der gvf handelt es sich um eine Put-Option. Bei drei durch die gvf vorgegebenen Strike Level war die Hedge Ratio zunächst standardisiert (ein Kontrakt je Hektar). Zusätzlich erfolgte bei zwei der vorgegebenen Strike Level die Optimierung der Hedge Ratio ex post. Die Strike Level waren davon ausgeschlossen, da der Landwirt diese nicht selbst determinieren kann, sondern aus vorgegebenen Strike Level wählen muss. Die Analyse des Marktangebots war nicht nur auf die Bestimmung des Risikoreduzierungspotenzials der WIV auf der Grundlage der einzelbetrieblichen GDBs beschränkt, sondern umfasste auch deren Wirkung auf die Schwankungen untergeordneter Größen in Form der (Norm-)Erlöse und Deckungsbeiträge des Winterweizens. Die Produktionsprogramme der Betriebe wurden bei diesem Verfahren als statisch angenommen und somit nicht verändert.

Da ein Landwirt bei Einsatz einer Hedgingaktivität jedoch unter Umständen sein Produktionsprogramm anpasst, fand dies durch die anschließende Ermittlung der HE bezogen auf den GDB

mittels eines Risikoprogrammierungsansatzes Berücksichtigung. Zusätzlich schließt dieser Ansatz die Risikoakzeptanz des Landwirts ein. Angesichts hoher Anforderungen dieser Methodik an die verwendeten Betriebsdaten war diese Vorgehensweise lediglich bei zwei der 20 Betriebe anwendbar. Für diese beiden Betriebe lagen die Deckungsbeitragszeitreihen von jeweils fünf verschiedenen Produktionsverfahren über den gesamten Beobachtungszeitraum zugrunde. Zusätzlich wurden weitere einzelbetriebliche Informationen erhoben. Dazu zählen u. a. die verfügbare Anbaufläche und die Fruchtfolgerestriktionen im Planzieljahr. Auf Grund der Komplexität landwirtschaftlicher Betriebe bildeten letztlich vereinfachte, realitätsnahe Betriebsmodelle die Basis der Optimierung. Um die HE von WIVs so realitätsnah wie möglich zu bestimmen, erfolgte mit Hilfe des Risikoprogrammierungsansatzes die Untersuchung des Marktangebots. Neben der von der gv in Realität angebotenen Put-Option wurde eine Call-Option konzipiert und analysiert. In Anbetracht des angebotenen Indexes, der dem prognostizierten Ertragsverlauf einer Referenzkultur entspricht (hier: Winterweizen), diente die Analyse der Call-Option dazu, herauszufinden, ob Auszahlungen auf Grund guter Indexertragsjahre zu einer Risikoreduzierung im gesamtbetrieblichen Portfolio führen. Damit wurden auch kontraintuitive Hedgingeffekte betrachtet.

Die HE bezogen auf die relevante Erfolgsgröße GDB variiert abhängig von der analysierten Hedgingstrategie und ist extrem betriebsspezifisch. Bei der Analyse der fiktiven und realen Strategien mittels historischer Simulation zeigten sich die standardisierten Hedgingstrategien verglichen mit den ex post optimierten Hedgingstrategien als weniger geeignet zur Reduzierung des Erfolgsrisikos. Die ex post optimierten Strategien waren deutlich überlegen. Im Vergleich aller ex post optimierten fiktiven und realen Hedgingstrategien gilt dies insbesondere für den bodenfeuchtebasierten Strangle. Zwar stellen die ex post optimierten Strategien einen unfairen Vergleich dar, da der Landwirt diese zum Entscheidungszeitpunkt so nicht hätte bestimmen können. Allerdings könnte die Mehrheit der Landwirte mit dem Einsatz von ex post optimierten bodenfeuchtebasierten Strangles eine beträchtliche Reduzierung ihres Erfolgsrisikos erzielen, wenn die zukünftigen Standortbedingungen mit denen in der Vergangenheit vergleichbar sind. Die Überlegenheit des Strangles zeigt: Landwirte in Regionen mit moderaten Standortbedingungen würden aus gesamtbetrieblicher Sicht am meisten von flexiblen Risikomanagementinstrumenten profitieren. Ob der Kauf eines solchen Kontraktes tatsächlich lohnend ist, hängt nicht nur von der gesamtbetrieblichen HE ab, sondern auch von dem Aufpreis auf die faire Prämie, d. h. den Kosten, die der Landwirt für die Risikoübernahme zu tragen hat.

Ferner verdeutlichte die Analyse der standardisierten realen Hedgingstrategien auf der untergeordneten (Norm-)Erlös- bzw. Deckungsbeitragsebene des Winterweizens im Vergleich zur Gesamtdeckungsbeitragsebene die Bedeutung des ökonomischen Basisrisikos für das gesamtbetriebliche Risikoreduzierungspotenzial der analysierten WIV. Im Durchschnitt erfolgte eine deutliche Reduzierung der Schwankungen der Normerlöse durch den Einsatz des Marktangebots. Dieser Effekt verschwand bei Betrachtung der Veränderung der Schwankungen der tatsächlichen Erlöse bzw. Deckungsbeiträge und schlug sogar in eine Risikoerhöhung um. Eine Verstärkung dieses Effekts war auf der Ebene des GDBs beobachtbar. Informationen über die Passgenauigkeit des Indexes oder die Reduzierung der Schwankungen untergeordneter Größen

durch den Einsatz der Versicherung liefern keine ausreichenden Hinweise bezüglich der gesamtbetrieblichen Wirkung einer WIV. Auch der Einfluss des ökonomischen Basisrisikos ist nicht zu vernachlässigen. Folglich sind die Minimierung des herkömmlichen Basisrisikos und die Fokussierung auf untergeordnete Erfolgsebenen nicht ausreichend, um Aussagen über das tatsächliche Risikoreduzierungspotenzial dieses Instruments treffen zu können. Bezüglich des Einsatzes eines Risikomanagementinstruments können sogar Fehlentscheidungen getroffen werden, wenn der Gesamtbetrieb aus dem Auge verloren wird. So kann sich das Erfolgsrisiko sogar erhöhen, wenn der Fokus beim Risikomanagement nur auf einer Risikoquelle liegt. Dies verdeutlicht die zwingende Notwendigkeit einer gesamtbetrieblichen Sichtweise.

Die Analyse der Wirkung des Marktangebots auf das unternehmerische Erfolgsrisiko mit Hilfe des Risikoprogrammierungsansatzes bekräftigte dies: Zum einen führte bei den beiden Betrieben die zusätzliche, externe Hedgingaktivität lediglich zu einer geringen Risikoreduzierung, da die Landwirte mit der innerbetrieblichen Diversifizierung des Produktionsprogramms bereits über ein gut funktionierendes Risikomanagementinstrument verfügten. Zum anderen war bei Einsatz der marktbasierter WIV eine dynamische Anpassung des Produktionsprogramms durch den Landwirt zu beobachten. Neben der Betrachtung der relevanten Erfolgsgröße sind somit auch dynamische Anpassungsreaktionen nicht zu vernachlässigen. Ferner zeigte die Analyse der Call-Option mit Hilfe des Risikoprogrammierungsansatzes: Die Wirkung von WIVs zur Risikoreduzierung ist im gesamtbetrieblichen Kontext auf Grund des Einflusses vieler verschiedener Risikoquellen auf das unternehmerische Erfolgsrisiko nicht immer intuitiv. So führte nicht der Einsatz der Put-Option, sondern der Einsatz der Call-Option zu einer Risikoreduzierung. Demnach wirken WIVs, die mit Bezug zu einer einzigen Referenzfruchtart konzipiert wurden, im Gesamtbetrieb unter Umständen ganz anders als erwartet.

Auf Grund der begrenzten Stichprobengröße, der speziellen Standortbedingungen in den Untersuchungsregionen und der extrem betriebsspezifischen Wirkung von WIVs sind die Ergebnisse nicht auf deutsche Ackerbaubetriebe im Allgemeinen übertragbar. Dennoch lassen die Ergebnisse folgende allgemeine Schlussfolgerungen und Empfehlungen für Landwirte und Versicherungsunternehmen bzw. Spezialmakler zu:

1. Landwirte, denen WIVs angeboten werden, können sich bei der Wahl einer Hedgingstrategie nicht auf allgemeingültige Empfehlungen verlassen, da die risikoreduzierende Wirkung dieses Instruments extrem betriebsspezifisch ist. Des Weiteren liefern exemplarische Untersuchungen dieser Risikomanagementmaßnahme in Regionen mit extremeren Standortbedingungen keine Entscheidungsunterstützung für Landwirte in anderen Regionen.

Folglich sollten Landwirte, ähnlich wie bei anderen Managemententscheidungen, betriebsspezifische Analysen zum Risikoreduzierungspotenzial, das sie durch den Einsatz eines bestimmten Risikomanagementinstruments erwarten können, durchführen.

2. Standardisierte Hedgingstrategien, die an einer einzelnen spezifischen Risikoquelle ansetzen, können zu einer sehr geringen Reduzierung oder sogar einer Erhöhung des einzelbetrieblichen Erfolgsrisikos führen.

Landwirte sollten dies bei ihrer Entscheidung berücksichtigen, wenn ihnen beispielsweise standardisierte Kontrakte, die basierend auf pflanzenbaulichem Wissen über den Einfluss von Umweltbedingungen auf das Pflanzenwachstum hergeleitet wurden, kombiniert mit einer standardisierten Hedge Ratio angeboten werden. Abhängig von dem gegebenen Aufpreis ist zu entscheiden, ob die gemessene Risikoreduzierung den Kauf der WIV wert ist. Letzteres trifft auf alle Kontraktarten zu. Die Anbieter standardisierter Kontrakte sollten bei der Festsetzung des Aufpreises berücksichtigen, dass sich Landwirte bei einer geringen Risikoreduzierung bei gegebenem Aufpreis eventuell gegen den Kauf dieses Produktes entscheiden.

3. Der Vergleich der verschiedenen fiktiven und realen Hedgingstrategien zeigte einen erheblichen Einfluss auf die HE bereits bei der Veränderung eines Kontraktparameters.

Anbieter von WIVs sollten somit Folgendes berücksichtigen: Neben der Kontraktstruktur (Put-Option, Call-Option, Strangle) ist nicht allein die sorgfältige Auswahl des Indexes, sondern zusätzlich die Festlegung der anderen Kontraktparameter in Form des Strike Levels und der Tick Size kombiniert mit der Hedge Ratio entscheidend für das Risikoreduzierungspotenzial dieses Instruments. Falls Landwirte einzelne Kontraktparameter selbst festlegen können, sollte eine entsprechend sorgfältige Beratung durch das Versicherungsunternehmen oder den Spezialmakler erfolgen.

Des Weiteren könnte der Spezialmakler ggf auf Grund der Überlegenheit der bodenfeuchtebasierten WIV zusätzlich zu den bisher verwendeten Wettervariablen tägliche Bodenfeuchtedaten nutzen und dadurch das Indexdesign weiter verbessern. Mit Blick auf die relevante Erfolgsgröße GDB sollten Anbieter auch die Gestaltung kontraintuitiver Produktdesigns, wie die auf Basis des Indexes der ggf designte Call-Option, in Betracht ziehen. Zudem könnten, dem Vorschlag von Binswanger-Mhkize (2012) folgend, Kontrakte, die auf Vegetationsindizes mit Bezug zum gesamten Produktionsprogramm beruhen, hilfreich sein. Ein Ansatzpunkt ist die Nutzung von Methoden der Fernerkundung, wie bei der Konzeption eines Normalized Difference Vegetation Indexes (NDVI). Dieser könnte auf Basis der Sentinel-2 Daten hergeleitet werden, die im Rahmen des europäischen Erdbeobachtungsprogramms „Copernicus“ zur Verfügung stehen. Die Daten sind über die „Copernicus Data and Exploitation Platform – Deutschland“ abrufbar (BMVI 2018).

4. Die risikoreduzierende Wirkung von WIVs ist abhängig von dem Kontraktdesign und extrem betriebsspezifisch.

Aus diesem Grund ist es anhand der Ergebnisse nicht möglich, zu schließen, ob sich der Einsatz dieser Hedgingaktivität zur Risikoreduzierung im landwirtschaftlichen Betrieb grundsätzlich lohnt. Auch allgemeine Kaufempfehlungen können anhand dieser Studie nicht ausgesprochen werden, da zudem Art und Umfang des Risikos, denen die Betriebe gegenüberstehen, standortabhängig und betriebsspezifisch sind. Darüber hinaus beeinflusst auch der Grad des innerbetrieblichen Risikomanagements die Wirkung dieses Instruments. So kann bei Betrieben mit wenig diversifizierten Produktionsprogrammen die risikoreduzierende Wirkung einer WIV von der bei stark diversifizierten Produktionsprogram-

men abweichen. Dennoch liefern die Ergebnisse dem Landwirt Anhaltspunkte, die er modellexogen in seine Entscheidung bezüglich seiner Risikomanagementstrategie einbeziehen kann. Auch Berater von Landwirtschaftskammern oder andere Institutionen können die in dieser Studie gewonnenen Erkenntnisse als Grundlage für ihre Beratung nutzen.

5. Informationen zur Passgenauigkeit des Indexes zur einzelbetrieblichen Ertragszeitreihe oder die Wirkung fruchtartenspezifischer WIVs auf die Schwankungen untergeordneter Erfolgsgrößen sagen nichts über die HE dieses Instruments auf der Ebene des GDBs aus. Dies ist auf die Vielzahl von Risikoquellen zurückzuführen, die gemeinsam das einzelbetriebliche Erfolgsrisiko beeinflussen.

Demnach sollten sich Landwirte nicht ausschließlich anhand der Angaben zur Passgenauigkeit des Indexes zu den einzelbetrieblichen Erträgen oder dem Potenzial des Instruments, die Schwankungen der Normerlöse zu reduzieren, leiten lassen. Stattdessen sind Entscheidungen immer im gesamtbetrieblichen Kontext zu fällen, indem die Wirkung der Hedgingaktivität auf das unternehmerische Erfolgsrisiko analysiert wird. Das Erfolgsrisiko entspricht der Volatilität einer übergeordneten Erfolgsgröße wie dem GDB.

Darüber hinaus ist aus gesamtbetrieblicher Perspektive bei der Wahl der Hedgingstrategie abzuwägen, ob ein Portfolio verschiedener Kontrakte, das auf den Gesamtbetrieb abgestimmt ist und nicht nur anhand einer einzigen Referenzfruchtart hergeleitet wurde, abgeschlossen werden sollte.

Innerhalb dieser Arbeit ist zum ersten Mal die HE von WIVs anhand der Volatilität des GDBs am Beispiel von Ackerbaubetrieben mit moderaten Standortbedingungen analysiert worden. Im Hinblick auf die bisher durchgeführten Studien am Beispiel von Betrieben an extremeren Standorten sind durch die gewählte Vorgehensweise Tendenzen bezüglich des Risikoreduzierungs potenzials dieses Instruments in der Breite der Betriebe ableitbar. Zudem musste nicht auf abstrakte, synthetisch konstruierte Betriebsmodelle zurückgegriffen werden. Stattdessen bildeten reale einzelbetriebliche Daten die Grundlage für die durchgeführten Analysen. Des Weiteren wurde die gesamtbetriebliche HE dieses Instruments erstmals auf Basis eines am Markt angebotenen Indexes bestimmt. Folglich konnte diese Studie einen entscheidenden Beitrag zur Erhöhung der Markttransparenz von WIVs leisten. Landwirte können anhand der Ergebnisse insbesondere Informationen zur gesamtbetrieblichen HE des analysierten Marktangebots ableiten und dadurch fundierte Hedgingentscheidungen treffen.

Demgegenüber wurden in bisherigen Studien, die die HE auf Gesamtdeckungsbeitragsebene analysierten, ausschließlich fiktive Kontrakte untersucht und der Fokus auf Betriebe in Regionen mit extremeren Standortbedingungen gelegt. Der in dieser Arbeit gewählte Ansatz stellt damit eine bedeutende Erweiterung der Forschung zum Risikoreduzierungs potenzial von WIVs dar. Auf Grund der genannten Unterschiede ist jedoch eine detaillierte Kontrastierung der ermittelten gesamtbetrieblichen HEs mit vorherigen Studienergebnissen schwierig. Bei einer groben Einordnung der gewonnenen Ergebnisse wichen diese nicht extrem von den bisherigen Studienergebnissen ab.

Die angewandte Methodik weist auch Grenzen auf. Bei einer Änderung der Standortbedingungen oder anderweitigen Diskontinuitäten können die Ergebnisse der historischen Simulation von denen in der Zukunft abweichen. Jedoch liefern die Ergebnisse aus der historischen Simulation hilfreiche Anhaltspunkte bezüglich des Risikoreduzierungs potenzials von WIVs auf Ebene des GDBs. Des Weiteren ermöglichen längere Deckungsbeitragszeitreihen bessere Prognosemodelle für den Risikoprogrammierungsansatz, da sich die zu erwartenden Deckungsbeiträge, Standardabweichungen und Korrelationen bei einem anderen Planzieljahr verändern können. Dies ist auf die zusätzlichen Informationen zurückzuführen, die bei längeren Zeitreihen zur Verfügung stehen. Die Relevanz der Wahl eines adäquaten Prognosemodells als Grundlage für die Lösung des Optimierungsproblems wurde deutlich, da die Optimierungsergebnisse entsprechend des verwendeten Prognosemodells variierten. Dies ist bei zukünftigen Studien zu dieser Thematik zu beachten. Die Länge der Zeitreihen spielte auch bei der Analyse des Marktangebots eine Rolle. Bei einigen Betrieben kam es bei den in Realität wählbaren Strike Level in den vergangenen 21 Jahren nicht zu einer Auszahlung. Längere Datenreihen führen zu einer stärkeren Aussagekraft der Ergebnisse des analysierten Marktangebots.

Ausblick

Auf Grund der Heterogenität der Betriebe und der heterogenen Anbauverhältnisse in Deutschland ist zur Validierung der Ergebnisse die Bestimmung der gesamtbetrieblichen HE von WIVs mit der gleichen Methodik anhand einer deutschlandweiten Studie erforderlich. Als Datengrundlage kommen die Daten des Testbetriebsnetzes des BMEL (2018) in Betracht, was die Analyse von Ackerbaubetrieben in Regionen ganz Deutschlands ermöglicht. Zudem ist durch ergänzende Analysen von Marktangeboten anderer Versicherungsunternehmen oder Spezialmaklern eine weitere Erhöhung der Markttransparenz denkbar. Sofern verfügbar sollten sich diese Analysen nicht nur auf das Indexangebot und die Bestimmung der gesamtbetrieblichen HE beschränken, sondern auch reale Aufpreise einbeziehen. Für Landwirte ist dies essentiell, um bewusst Risikomanagemententscheidungen zu treffen. Ob ein Landwirt WIVs tatsächlich erwirbt, ist nicht allein abhängig von der HE, sondern auch von den Kosten, die er bei dem Einsatz dieser Hedgingaktivität zu tragen hat.

Auf Grund der Bedeutung des ökonomischen Basisrisikos sollten zukünftige Studien, Binswanger-Mhkize (2012) folgend, dieses Produkt auf der Basis von Wetter- oder Vegetationsindizes mit Bezug zum gesamten Produktionsprogramm konzipieren und analysieren. Von Interesse wäre auch die Untersuchung der gesamtbetrieblichen HE eines auf den Gesamtbetrieb abgestimmten Portfolios verschiedener Kontrakte, die anhand verschiedener Referenzfruchtarten hergeleitet werden. Ein solches Portfolio bietet die gvf bereits an.

Ein weiteres zukünftiges Forschungsvorhaben könnte die Analyse des Potenzials anderer Risikomanagementinstrumente zur Reduzierung des Erfolgsrisikos sein, wie die Einkommensversicherungen beschrieben in Zhu et al. (2008), Bielza Díaz-Caneja und Garrido (2009) oder Turvey (2012). Diese Instrumente wurden hier nicht betrachtet, sind aber eng mit dem angewandten gesamtbetrieblichen Ansatz verknüpft. Sie setzen an dem Erfolgsrisiko eines Betriebes an, das sich aus dem Portfolio der einzelbetrieblichen Aktivitäten ergibt. Dadurch berücksichtigen sol-

che Instrumente die Tatsache, dass risikoaverse Landwirte an der Stabilisierung der Einkommensschwankungen interessiert sind (sein sollten) und nicht daran, die Schwankungen einer vorgelagerten Größe in Form des Ertrags oder Preises einer einzelnen Kultur zu reduzieren.

Zusammenfassend machte diese Studie deutlich: Die Analyse der HE von WIVs, bezogen auf die Volatilität des GDBs, ist nicht allein für Betriebe an extremeren Standorten in Deutschland interessant. Auch bei Ackerbaubetrieben in Regionen mit moderaten Standortbedingungen kann ein solches Instrument zwar das Erfolgsrisiko reduzieren, allerdings ist eine (deutliche) Risikoerhöhung ebenfalls möglich. Die Wirkung von WIVs ist extrem betriebsspezifisch und abhängig von der betrachteten Hedgingstrategie. Die einzelbetriebliche Analyse dieses Instruments liefert damit wertvolle Informationen im Hinblick auf deren Risikoreduzierungspotenzial. Ferner tragen neben den Ertragsschwankungen auch andere Risikoquellen, wie volatile Input- und Outputpreise, zum einzelbetrieblichen Erfolgsrisiko bei. Dies beeinflusst die gesamtbetriebliche Wirkung der Hedgingaktivität. Letztlich ist und bleibt die Zukunft ungewiss, jedoch liefert die Analyse historischer Gegebenheiten entscheidende Anhaltspunkte, anhand derer Landwirte fundierte Risikomanagemententscheidungen treffen können.

Literaturverzeichnis

- Adeyinka, A. A.; Krishnamurti, C.; Maraseni, T. N.; Chantararat, S. (2016): The viability of weather-index insurance in managing drought risk in rural Australia. *International Journal of Rural Management* 12 (2): 125-142.
- Artelys (2001): Artelys Knitro – Nonlinear optimization solver.
- Asseng, S.; Ewert, F.; Martre, P.; Rötter, R. P.; Lobell, D. B.; Cammarano, D.; Kimball, B. A.; ...;Zhu Y. (2015): Rising temperatures reduce global wheat production. *Nature Climate Change* 5: 143-147.
- b2b, b2b Protect GmbH (2018): WetterProtect. Verfügbar unter: <http://www.wetterprotect.de/>. Abrufdatum: 14.03.2018.
- Barnett, B. J.; Mahul, O. (2007): Weather index insurance for agriculture and rural areas in lower-income countries. *American Journal of Agricultural Economics* 89 (5): 1241-1247.
- Bawa, V. S. (1975): Optimal rules for ordering uncertain prospects. *Journal of Financial Economics* 2 (1): 95-121.
- Bawa, V. S. (1978): Safety-first, stochastic dominance, and optimal portfolio choice. *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 13 (2): 255-271.
- Berg, A.; Quirion, P.; Sultan, B. (2009): Can weather index drought insurance benefit to Least Developed Countries' farmers? A case study on Burkina Faso. *Weather, Climate and Society* 1 (1): 71-84.
- Berg, E.; Schmitz, B. (2008): Weather-based instruments in the context of whole-farm risk management. *Agricultural Finance Review* 68 (1): 119-133.
- Bernoulli, D. (1738): Specimen theoriae novae de mensura sortis. *Commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae* 5: 175-192.
- BGR, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2013): Ackerbauliches Ertragspotenzial der Böden in Deutschland: Datensatz. Verfügbar unter: <http://produktcenter.bgr.de/terraCatalog/Start.do>. Abrufdatum: 14.03.2018.
- Bielza Díaz-Caneja, M.; Garrido, A. (2009): Evaluating the potential of whole-farm insurance over crop-specific insurance policies. *Spanish Journal of Agricultural Research* 7 (1): 3-11.
- Binswanger-Mhkize, H. P. (2012): Is there too much hype about index-based agricultural insurance? *Journal of Development Studies* 48 (2): 187-200.
- BMEL, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2018): Testbetriebsnetz. Verfügbar unter: <https://www.bmel-statistik.de/landwirtschaft/testbetriebsnetz/>. Abrufdatum: 14.03.2018.
- BMVI, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2018): Copernicus Data and Exploitation Platform – Deutschland (CODE-DE). Verfügbar unter: <https://code-de.org/>. Abrufdatum: 04.06.2018.
- Böttcher, F. (2017): Persönliche Kommunikation via E-Mail am 05.07.2017, Mitarbeiter des DWDs am Standort Leipzig.
- Box, G. E.; Jenkins, G. M. (1976): Time series analysis: Forecasting and control. Holden-Day, San Francisco.

- Box, G. E.; Jenkins, G. M.; Reinsel, G. C.; Ljung, G. M. (2015): Time series analysis: Forecasting and control. 5. Auflage. Wiley, New Jersey.
- Buchholz, M.; Mußhoff, O. (2014): The role of weather derivatives and portfolio effects in agricultural water management. *Agricultural Water Management* 146: 34-44.
- Chantararat, S. (2009): Pro-poor risk management: Essays on the economics of index-based risk transfer products. Dissertation. Cornell University.
- Chavas, J.-P. (2004): Risk analysis in theory and practice. Elsevier, Amsterdam.
- Cole, S.; Bastian, G. G.; Vyas, S.; Wendel, C.; Stein, D. (2012): The effectiveness of index-based micro-insurance in helping smallholders manage weather-related risks. EPPI-Centre, Social Science Research Unit, Institute of Education, University of London.
- Collier, B.; Skees, J. R.; Barnett, B. J. (2009): Weather index insurance and climate change: Opportunities and challenges in lower income countries. *The Geneva Papers on Risk and Insurance-Issues and Practice* 34 (3): 401-424.
- Conradt, S.; Finger, R.; Bokuševa, R. (2015a): Tailored to the extremes: Quantile regression for index-based insurance contract design. *Agricultural Economics* 46 (4): 537-547.
- Conradt, S.; Finger, R.; Spörri, M. (2015b): Flexible weather index-based insurance design. *Climate Risk Management* 10: 106-117.
- Dalhaus, T.; Finger, R. (2016): Can gridded precipitation data and phenological observations reduce basis risk of weather index-based insurance? *Weather, Climate and Society* 8 (4): 409-419.
- Dalhaus, T.; Mußhoff, O.; Finger, R. (2018): Phenology information contributes to reduce temporal basis risk in agricultural weather index insurance. *Scientific Reports* 8: 1-10.
- Damodaran, A. (2008): Strategic risk taking: A framework for risk management. Pearson Education, New Jersey.
- Das Gretl-Team (2000): Gretl (Gnu Regression): Version 2016d – Statistiksoftware.
- Debrah, S.; Hall, H. (1989): Data aggregation and farm risk analysis. *Agricultural Systems* 31 (3): 239-245.
- Dempster, M. A. H. (2002): Risk management: Value at risk and beyond. Cambridge University Press, Cambridge.
- Deng, X.; Barnett, B. J.; Vedenov, D. V.; West, J. W. (2007): Hedging dairy production losses using weather-based index insurance. *Agricultural Economics* 36 (2): 271-280.
- Dercon, S.; Gunning, J. W.; Zeitlin, A. (2011): The demand for insurance under limited credibility: Evidence from Kenya. Verfügbar unter: https://aae.wisc.edu/mwiedc/papers/2011/Zeitlin_Andrew.pdf. Abrufdatum: 14.03.2018.
- Doherty, N. A. (2000): Integrated risk management: Techniques and strategies for managing corporate risk. McGraw-Hill, New York.
- Doms, J. (2017): Put, call or strangle? About the challenges in designing weather index insurances to hedge performance risk in agriculture. Tagungsbeitrag, 57. Jahrestagung der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus e.V. und 27. Jahrestagung der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie, 13. - 15. September 2017, Weißenstephan, Deutschland.

- Doms, J.; Gerstmann, H.; Möller, M. (2017a): Modeling of dynamic weather indexes by coupling spatial phenological and precipitation data: A practical application in the context of weather index-based insurances. Tagungsbeitrag, XV Congress of the European Association of Agricultural Economists, 28. August - 2. September 2017, Parma, Italien.
- Doms, J.; Hirschauer, N.; Marz, M.; Böttcher, F. (2018): Is the hedging efficiency of weather index insurance overrated? A farm-level analysis in regions with moderate natural conditions in Germany. *Agricultural Finance Review* 78 (3): 290–311.
- Doms, J.; Hirschauer, N.; Möllmann, J.; Mußhoff, O. (2017b): Witterungsrisiken versichern. *DLG Mitteilungen* 4: 24.
- Döring, S.; Döring, J.; Borg, H.; Böttcher, F. (2011): Vergleich von Trockenheitsindizes zur Nutzung in der Landwirtschaft unter den klimatischen Bedingungen Mitteldeutschlands. *Hercynia* 44 (2): 145-168.
- Dowd, K. (2002): An introduction to market risk measurement. Wiley, Chichester.
- DWD, Deutscher Wetterdienst (2018a): CDC FTP-Server. Verfügbar unter: https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/cdc/klinfo_systeme/kl_ftpserver/kl_ftpserver_node.html. Abrufdatum: 22.03.2018.
- DWD, Deutscher Wetterdienst (2018b): Multi annual precipitation grid data Germany 1981 - 2010. Verfügbar unter: ftp://ftp-cdc.dwd.de/pub/CDC/grids_germany/multi_annual/precipitation/. Abrufdatum: 14.03.2018.
- DWD, Deutscher Wetterdienst (2018c): Multi annual temperature grid data 1981-2010. Verfügbar unter: ftp://ftp-cdc.dwd.de/pub/CDC/grids_germany/multi_annual/air_temperature_mean/. Abrufdatum: 14.03.2018.
- DWD, Deutscher Wetterdienst (2018d): Phenological observations Germany. Verfügbar unter: ftp://ftp-cdc.dwd.de/pub/CDC/observations_germany/phenology/. Abrufdatum: 14.03.2018.
- DWD, Deutscher Wetterdienst (2018e): Precipitation Germany. Verfügbar unter: ftp://ftp-cdc.dwd.de/pub/CDC/observations_germany/climate/daily/more_precip/historical/. Abrufdatum: 14.03.2018.
- DWD, Deutscher Wetterdienst (2018f): REGNIE Germany. Verfügbar unter: ftp://ftp-cdc.dwd.de/pub/CDC/grids_germany/daily/regnie/. Abrufdatum: 14.03.2018.
- DWD, Deutscher Wetterdienst (2018g): Winterweizen – Ährenschieben. Verfügbar unter: https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaueberwachung/phaenologie/daten_deutschland/sofortmelder/fotogalerie/wiwaef.pdf. Abrufdatum: 14.03.2018.
- Ederington, L. H. (1979): The hedging performance of the new futures markets. *The Journal of Finance* 34 (1): 157-170.
- El Benni, N.; Finger, R. (2014): Where is the risk? Price, yield and cost risk in Swiss crop production. *Revue d'Études en Agriculture et Environnement* 95 (3): 299-326.
- Elabed, G.; Bellemare, M. F.; Carter, M. R.; Guirking, C. (2013): Managing basis risk with multiscale index insurance. *Agricultural Economics* 44 (4-5): 419-431.
- Enders, W. (2015): Applied econometric time series. 4. Auflage. Wiley, New York.
- EP, Europäisches Parlament (2018): Die Instrumente der GAP und ihre Reformen. Verfügbar unter: http://www.europarl.europa.eu/atyourservice/de/displayFtu.html?ftuid=FTU_3.2.3.html. Abrufdatum: 14.03.2018.

- Feldstein, M. S. (1969): Mean-variance analysis in the theory of liquidity preference and portfolio selection. *The Review of Economic Studies* 36 (1): 5-12.
- Fishburn, P. C. (1977): Mean-risk analysis with risk associated with below-target returns. *The American Economic Review* 67 (2): 116-126.
- Freund, R. J. (1956): The introduction of risk into a programming model. *Econometrica* 24 (3): 253-263.
- Fung, W.; Hsieh, D. A. (1999): Is mean-variance analysis applicable to hedge funds? *Economics Letters* 62 (1): 53-58.
- Giné, X.; Townsend, R.; Vickery, J. (2007): Statistical analysis of rainfall insurance payouts in Southern India. *American Journal of Agricultural Economics* 89 (5): 1248-1254.
- Golden, L. L.; Wang, M.; Yang, C. (2007): Handling weather related risks through the financial markets: Considerations of credit risk, basis risk, and hedging. *The Journal of Risk and Insurance* 74 (2): 319-346.
- Gömann, H.; Bender, A.; Bolte, A.; Dirksmeyer, W.; Englert, H.; Feil, J.-H.; Frühauf, C.; ...; Zimmer, Y. (2015): Agrarrelevante Extremwetterlagen und Möglichkeiten von Risikomanagementsystemen: Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). Thünen Report 30, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.
- Goodwin, B. K. (2001): Problems with market insurance in agriculture. *American Journal of Agricultural Economics* 83 (3): 643-649.
- Gourdji, S. M.; Sibley, A. M.; Lobell, D. B. (2013): Global crop exposure to critical high temperatures in the reproductive period: Historical trends and future projections. *Environmental Research Letters* 8 (2): 1-10.
- Graf, R.; Michel, V.; Roßberg, D.; Neukampf, R. (2009): Definition pflanzenartspezifischer Anbaugebiete für ein regionalisiertes Versuchswesen im Pflanzenbau. *Journal für Kulturpflanzen* 61 (7): 247-253.
- gvf, gvf Versicherungsmakler AG (2014): Die Wetterversicherung einfach erklärt. Verfügbar unter: <http://www.gvf.de/die-wetterversicherung-einfach-erklart/>. Abrufdatum: 14.03.2018.
- gvf, gvf Versicherungsmakler AG (2016): Einzelbetriebliches fruchtartenspezifisches Angebot.
- gvf, gvf Versicherungsmakler AG (2017): Die Wetterversicherung: Informationsblatt zu Risikovariablen. Auf Nachfrage durch die gvf bereitgestellt.
- gvf, gvf Versicherungsmakler AG (2018): Was machen wir? Verfügbar unter: <http://www.gvf.de/>. Abrufdatum: 14.03.2018.
- Hanke, M. (2017): Auskunft via E-Mail an 23.11.2017, Mitarbeiter der gvf Versicherungsmakler AG.
- Hardaker, J. B.; Huirne, R. B. M.; Anderson, J. R. (1997): Coping with risk in agriculture. CAB International, Wallingford.
- Hardaker, J. B.; Lien, G.; Anderson, J. R.; Huirne, R. B. M. (2015): Coping with risk in agriculture: Applied decision analysis. 3. Auflage. CAB International, Wallingford.
- Harlow, W. V.; Rao, R. K. S. (1989): Asset pricing in a generalized mean-lower partial moment framework: Theory and evidence. *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 24 (3): 285-311.

- Hedderich, J.; Sachs, L. (2016): *Angewandte Statistik: Methodensammlung mit R*. 15. Auflage. Springer Verlag, Berlin.
- Heimfahrth, L. E.; Finger, R.; Musshoff, O. (2012): Hedging weather risk on aggregated and individual farm-level: Pitfalls of aggregation biases on the evaluation of weather index-based insurance. *Agricultural Finance Review* 72 (3): 471-487.
- Heimfahrth, L. E.; Mußhoff, O. (2010): Wetterderivate zur Stabilisierung des Einkommens von Maisproduzenten in der nordchinesischen Tiefebene. *Yearbook of Socioeconomics in Agriculture* 3 (1): 133-156.
- Hellmuth, M. E.; Osgood, D.; Hess, U.; Moorhead, A.; Bhojwani, H. (2009): Index insurance and climate risk: Prospects for development and disaster management. *Climate and Society* No. 2, International Research Institute for Climate and Society, New York.
- Hess, U.; Syroka, J. (2005): Weather-based insurance in Southern Africa: The case of Malawi. *Agriculture and Rural Development Discussion Paper 13*, The World Bank, Washington, DC.
- Hirschauer, N.; Mußhoff, O. (2008a): Risk management and farmers' willingness-to-pay for "ineffective" index-based insurances. In: Berg, E.; Huirne, R. B. M.; Majewski, E.; Meuwissen, M. (Hrsg.): *Income stabilization in a changing agricultural world: policy and tools*. Proceedings of the 108. EAAE Seminar, Warschau: 258-272.
- Hirschauer, N.; Mußhoff, O. (2008b): Zu welchem Preis können Versicherer "ineffektive" Risikomanagementinstrumente anbieten? Zur Analyse der Effizienz von Wetterderivaten. *German Risk and Insurance Review* 4 (1): 1-27.
- Hoag, D. L. (2010): *Applied risk management in agriculture*. CRC Press, Boca Raton.
- Hudson, D.; Coble, K.; Lusk, J. (2005): Consistency of risk premium measures. *Agricultural Economics* 33 (1): 41-49.
- IFAD, International Fund for Agricultural Development (2011): *Weather index-based insurance in agricultural development: A technical guide*. Verfügbar unter: <https://www.ifad.org/documents/10180/2a2cf0b9-3ff9-4875-90ab-3f37c2218a90>. Abrufdatum: 20.01.2018.
- Jensen, N.; Barrett, C. (2017): Agricultural index insurance for development. *Applied Economic Perspectives and Policy* 39 (2): 199-219.
- Jewson, S.; Brix, A. (2005): *Weather derivative valuation: The meteorological, statistical, financial and mathematical foundations*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Jorion, P. (2007): *Value at risk: The new benchmark for managing financial risk*. 3. Auflage. McGraw-Hill, New York.
- Kanders, M. (2017): Telefonisches Gespräch am 12.05.2017, Mitarbeiter der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen.
- Kapphan, I. (2012): *Weather risk management in light of climate change using financial derivatives*. Dissertation. ETH Zürich.
- Kaspar, F.; Zimmermann, K.; Polte-Rudolf, C. (2015): An overview of the phenological observation network and the phenological database of Germany's national meteorological service (Deutscher Wetterdienst). *Advances in Science and Research* 11 (1): 93-99.
- Kellner, U.; Mußhoff, O. (2011): Precipitation or water capacity indices? An analysis of the benefits of alternative underlyings for index insurance. *Agricultural Systems* 104 (8): 645-653.

- Khalil, A. F.; Kwon, H.-H.; Lall, U.; Miranda, M. J.; Skees, J. R. (2007): El Niño–Southern Oscillation–based index insurance for floods: Statistical risk analyses and application to Peru. *Water Resources Research* 43 (10): 1-14.
- Kimura, S.; Antón, J.; LeThi, C. (2010): Farm level analysis of risk and risk management strategies and policies: Cross country analysis. OECD Food, Agriculture and Fisheries Working Papers No. 26, OECD Publishing, Paris.
- KTBL, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (2017): Verfahrensrechner Pflanze. Verfügbar unter: <http://daten.ktbl.de/vrpflanze/home.action>. Abrufdatum: 11.10.2017.
- Leblois, A.; Quirion, P. (2013): Agricultural insurances based on meteorological indices: Realizations, methods and research challenges. *Meteorological Applications* 20 (1): 1-9.
- Leblois, A.; Quirion, P.; Alhassane, A.; Traoré, S. (2014): Weather index drought insurance: An ex ante evaluation for millet growers in Niger. *Environmental and Resource Economics* 57 (4): 527-551.
- Lien, G.; Hardaker, J. B.; van Asseldonk, Marcel A. P. M.; Richardson, J. W. (2009): Risk programming and sparse data: How to get more reliable results. *Agricultural Systems* 101 (1-2): 42-48.
- Lütke Entrup, N.; Schäfer, B. C. (2011): Lehrbuch des Pflanzenbaues. Band 2: Kulturpflanzen. 3. Auflage. Agroconcept, Bonn.
- LWK NI, Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2015): Richtwert-Deckungsbeiträge 2015. Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Oldenbourg.
- Maestro, T.; Bielza, M.; Garrido, A. (2016): Hydrological drought index insurance for irrigation districts in Spain. *Spanish Journal of Agricultural Research* 14 (3): 1-14.
- Mahler, S. (2017): Auskunft via E-Mail am 14.02.2017, Mitarbeiter der gvf VersicherungsMakler AG.
- Mahler, S. (2018): Auskunft via E-Mail am 01.02.2018, Mitarbeiter der gvf VersicherungsMakler AG.
- Markowitz, H. (1952): Portfolio selection. *The Journal of Finance* 7 (1): 77-91.
- Markowitz, H. (2014): Mean-variance approximations to expected utility. *European Journal of Operational Research* 234 (2): 346-355.
- Möller, M.; Doms, J.; Gerstmann, H.; Feike, T. (2018): A framework for standardized weather index calculation in Germany. *Theoretical and Applied Climatology*: <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2473-x>.
- Moss, C. B. (2010): Risk, uncertainty and the agricultural firm. World Scientific, Singapur.
- Müller, J.; Müller, G. (1988a): Berechnung der Verdunstung landwirtschaftlicher Produktionsgebiete. *Zeitschrift für Meteorologie* 38 (5): 332-336.
- Müller, J.; Müller, G. (1988b): Berechnung der Verdunstung landwirtschaftlicher Produktionsgebiete. *Zeitschrift für Meteorologie* 38 (6): 361-365.
- Müller, J.; Müller, G. (1989): Berechnung der Verdunstung landwirtschaftlicher Produktionsgebiete. *Zeitschrift für Meteorologie* 39 (3): 142-149.

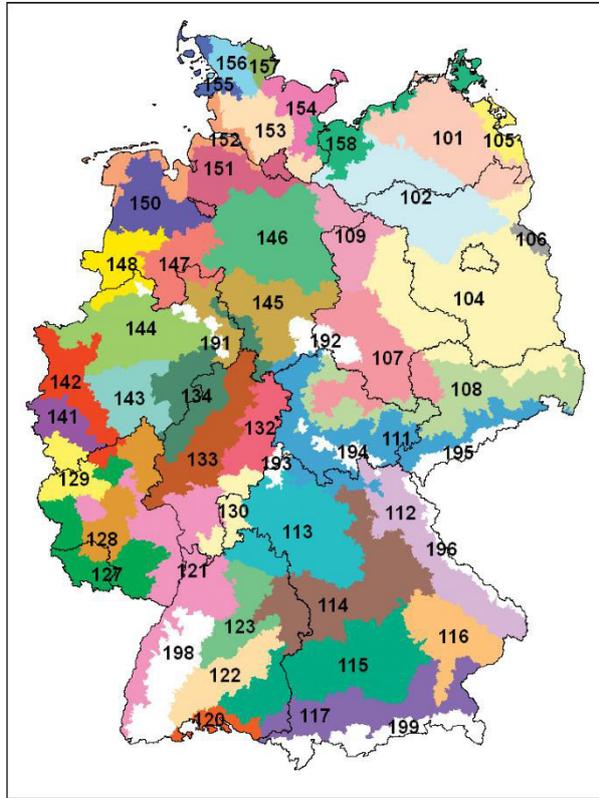
- Mußhoff, O.; Hirschauer, N. (2006): Wie viel bringt eine verbesserte Produktionsprogrammplanung auf der Grundlage einer systematischen Auswertung empirischer Zeitreihen? *German Journal of Agricultural Economics* 55 (4): 175-187.
- Mußhoff, O.; Hirschauer, N. (2007): What benefits are to be derived from improved farm program planning approaches? The role of time series models and stochastic optimization. *Agricultural Systems* 95 (1-3): 11-27.
- Mußhoff, O.; Hirschauer, N. (2008): Hedging von Mengenrisiken in der Landwirtschaft: Wie teuer dürfen „ineffektive“ Wetterderivate sein? *Agrarwirtschaft* 57 (5): 269-280.
- Mußhoff, O.; Hirschauer, N. (2016): Modernes Agrarmanagement: Betriebswirtschaftliche Analyse- und Planungsverfahren. 4. Auflage. Vahlen, München.
- Mußhoff, O.; Hirschauer, N.; Odening, M. (2008): Portfolio effects and the willingness to pay for weather insurances. *Agricultural Finance Review* 68 (1): 83-97.
- Narayana, N. S. S.; Parikh, K. S. (1981): Estimation of farm supply response and acreage allocation a case study of Indian agriculture. IIASA Research Report, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg.
- Nieto, J.; Cook, S. E.; Läderach, P.; Fisher, M. J.; Jones, P. G. (2010): Rainfall index insurance to help smallholder farmers manage drought risk. *Climate and Development* 2 (3): 233-247.
- Norton, M. T.; Turvey, C.; Osgood, D. (2012): Quantifying spatial basis risk for weather index insurance. *The Journal of Risk Finance* 14 (1): 20-34.
- Odening, M.; Musshoff, O.; Xu, W. (2007): Analysis of rainfall derivatives using daily precipitation models: Opportunities and pitfalls. *Agricultural Finance Review* 67 (1): 135-156.
- Offermann, F.; Efken, J.; Ellßel, R.; Hansen, H.; Klepper, R.; Weber, S. (2017): Ausgewählte Instrumente zum Risikomanagement in der Landwirtschaft: Systematische Zusammenstellung und Bewertung. Thünen Working Paper 72, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.
- Osman, K. T. (2013): Soils: Principles, Properties and Management. Springer Verlag, Dordrecht.
- Palisade (2017): RISKOptimizer: Version 6 – Optimierungssolver.
- Paulson, N. D.; Hart, C. E.; Hayes, D. J. (2010): A spatial Bayesian approach to weather derivatives. *Agricultural Finance Review* 70 (1): 79-96.
- Pelka, N.; Musshoff, O. (2013): Hedging effectiveness of weather derivatives in arable farming – Is there a need for mixed indices? *Agricultural Finance Review* 73 (2): 358-372.
- Pelka, N.; Musshoff, O.; Finger, R. (2014): Hedging effectiveness of weather index-based insurance in China. *China Agricultural Economic Review* 6 (2): 212-228.
- Rabin, M.; Thaler, R. H. (2001): Anomalies: Risk aversion. *Journal of Economic Perspectives* 15 (1): 219-232.
- Rauthe, M.; Steiner, H.; Riediger, U.; Mazurkiewicz, A.; Gratzki, A. (2013): A Central European precipitation climatology – Part I: Generation and validation of a high-resolution gridded daily data set (HYRAS). *Meteorologische Zeitschrift* 22 (3): 235-256.
- Richards, T. J.; Manfredo, M. R.; Sanders, D. R. (2004): Pricing weather derivatives. *American Journal of Agricultural Economics* 86 (4): 1005-1017.
- Ritter, M.; Mußhoff, O.; Odening, M. (2014): Minimizing geographical basis risk of weather derivatives using a multi-site rainfall model. *Computational Economics* 44 (1): 67-86.

- Roßberg, D.; Michel, V.; Graf, R.; Neukampf, R. (2007): Definition von Boden-Klima-Räumen für die Bundesrepublik Deutschland. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* 59 (7): 155-161.
- Roth, D.; Werner, D. (2000): Abschnitt 5.3.4.2 Bewässerung. In: Blume, H.-P.; Peter, F.-H.; Frede, H.-G.; Guggenberger, G.; Horn, R.; Stahr, K. (Hrsg.): *Handbuch der Bodenkunde*. Wiley, Weinheim: 1-50.
- Rudstrom, M.; Popp, M.; Manning, P.; Gbur, E. (2002): Data aggregation issues for crop yield risk analysis. *Canadian Journal of Agricultural Economics* 50 (2): 185-200.
- Saita, F. (2007): *Value at risk and bank capital management: Risk adjusted performances, capital management and capital allocation decision making*. 1. Auflage. Elsevier, Amsterdam.
- SAS Institute (2008): *SAS: Version 9.4 – Statistiksoftware*.
- Scheffer, F.; Schachtschabel, P. (2010): *Lehrbuch der Bodenkunde*. 16. Auflage. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- Schlittgen, R. (2012): *Angewandte Zeitreihenanalyse mit R*. 2. Auflage. Oldenbourg Verlag, München.
- Schlittgen, R.; Streitberg, B. (2001): *Zeitreihenanalyse*. 9. Auflage. Oldenbourg Verlag, München.
- Schmitz, B. (2007): *Wetterderivate als Instrument des Risikomanagements landwirtschaftlicher Betriebe*. Dissertation. Universität Bonn.
- Schulte-Geers, M.; Berg, E. (2011): Modelling farm production risk with copulae instead of correlations. Tagungsbeitrag, XIII Congress of the European Association of Agricultural Economists, 30. August - 2. September 2011, Zürich, Schweiz.
- Skees, J. R. (2008): Challenges for the use of index-based weather insurance in lower income countries. *Agricultural Finance Review* 68 (1): 197-217.
- Spremann, K. (2008): *Portfoliomanagement*. 4. Auflage. Oldenbourg Verlag, München.
- Statpoint Technologies (2014): *Statgraphics: Version Centurion XVII – Statistiksoftware*.
- Stoppa, A.; Hess, U. (2003): Design and use of weather derivatives in agricultural policies: The case of rainfall index insurance in Morocco. Tagungsbeitrag, International Conference, 23. - 26. Juni 2003, Capri, Italien.
- Sun, B.; Guo, C.; van Kooten, G. C. (2014): Hedging weather risk for corn production in Northeastern China. *Agricultural Finance Review* 74 (4): 555-572.
- The World Bank (2011): *Weather index insurance for agriculture: Guidance for development practitioners*. Agriculture and Rural Development Discussion Paper 50, The World Bank, Washington, DC.
- Thünen, Johann Heinrich von Thünen-Institut (2018): *Thünen Atlas – Landwirtschaftliche Nutzung*. Verfügbar unter: <https://gdi.thuenen.de/lr/agraratlas/indexMap.htm?LP=3>. Abrufdatum: 14.03.2018.
- Tobin, J. (1958): Liquidity preference as behaviour towards risk. *Review of Economic Studies* 25 (2): 65-86.
- Torriani, D. S.; Calanca, P.; Beniston, M.; Fuhrer, J. (2008): Hedging with weather derivatives to cope with climate variability and change in grain maize production. *Agricultural Finance Review* 68 (1): 67-81.

- Trnka, M.; Rötter, R. P.; Ruiz-Ramos, M.; Kersebaum, K. C.; Olesen, J. E.; Žalud, Z.; Semenov, M. A. (2014): Adverse weather conditions for European wheat production will become more frequent with climate change. *Nature Climate Change* 4 (7): 637-643.
- Turvey, C. G. (2001): Weather derivatives for specific event risks in agriculture. *Applied Economic Perspectives and Policy* 23 (2): 333-351.
- Turvey, C. G. (2005): The pricing of degree-day weather options. *Agricultural Finance Review* 65 (1): 59-85.
- Turvey, C. G. (2012): Whole farm income insurance. *The Journal of Risk and Insurance* 79 (2): 515-540.
- Vedenov, D. V.; Barnett, B. J. (2004): Efficiency of weather derivatives as primary crop insurance instruments. *Journal of Agricultural and Resource Economics* 29 (3): 387-403.
- VKB, Versicherungskammer Bayern (2018): Ihre Ernte versichern: ErnteSchutz Vario. Verfügbar unter: <https://www.vkb.de/content/firmen-landwirte/landwirte/ernteversicherung-ernte-schutz/>. Abrufdatum: 14.03.2018.
- von Auer, L. (2007): Ökonometrie: Eine Einführung. 4. Auflage. Springer Verlag, Berlin.
- von Ledebur, E.-O.; Schmitz, J. (2011): Preisvolatilität auf landwirtschaftlichen Märkten. Arbeitsberichte aus der vTI-Agrarökonomie No. 5, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.
- von Neumann, J.; Morgenstern, O. (1947): Theory of games and economic behavior. 2. Auflage. Princeton University Press, Princeton.
- Vrolijk, H. C. J.; Poppe, K. J. (2008): Chapter 2: Income volatility and income crises in the European Union. In: Meuwissen, M.; van Asseldonk, M.; Huirne, R. B. M. (Hrsg.): Income stabilisation in European agriculture. Wageningen Academic Publishers, Wageningen: 33-54.
- Woodard, J. D.; Garcia, P. (2008): Basis risk and weather hedging effectiveness. *Agricultural Finance Review* 68 (1): 99-117.
- Zering, K. D.; McCorkle, C. O., Jr.; Moore, C. V. (1987): The utility of multiple peril crop insurance for irrigated, multiple-crop agriculture. *Western Journal of Agricultural Economics* 12 (1): 50-59.
- Zhu, Y.; Ghosh, S. K.; Goodwin, B. K. (2008): Modeling dependence in the design of whole farm insurance contract: A copula-based model approach. Tagungsbeitrag, Annual meetings of the American Agricultural Economics Association, 27. - 29. Juli 2008, Orlando, USA.
- Zweifel, P.; Eisen, R. (2003): Versicherungsökonomie. 2. Auflage. Springer Verlag, Berlin.

Anhang

Anhang 1: Einteilung der Bundesrepublik Deutschland in Boden-Klima-Räume



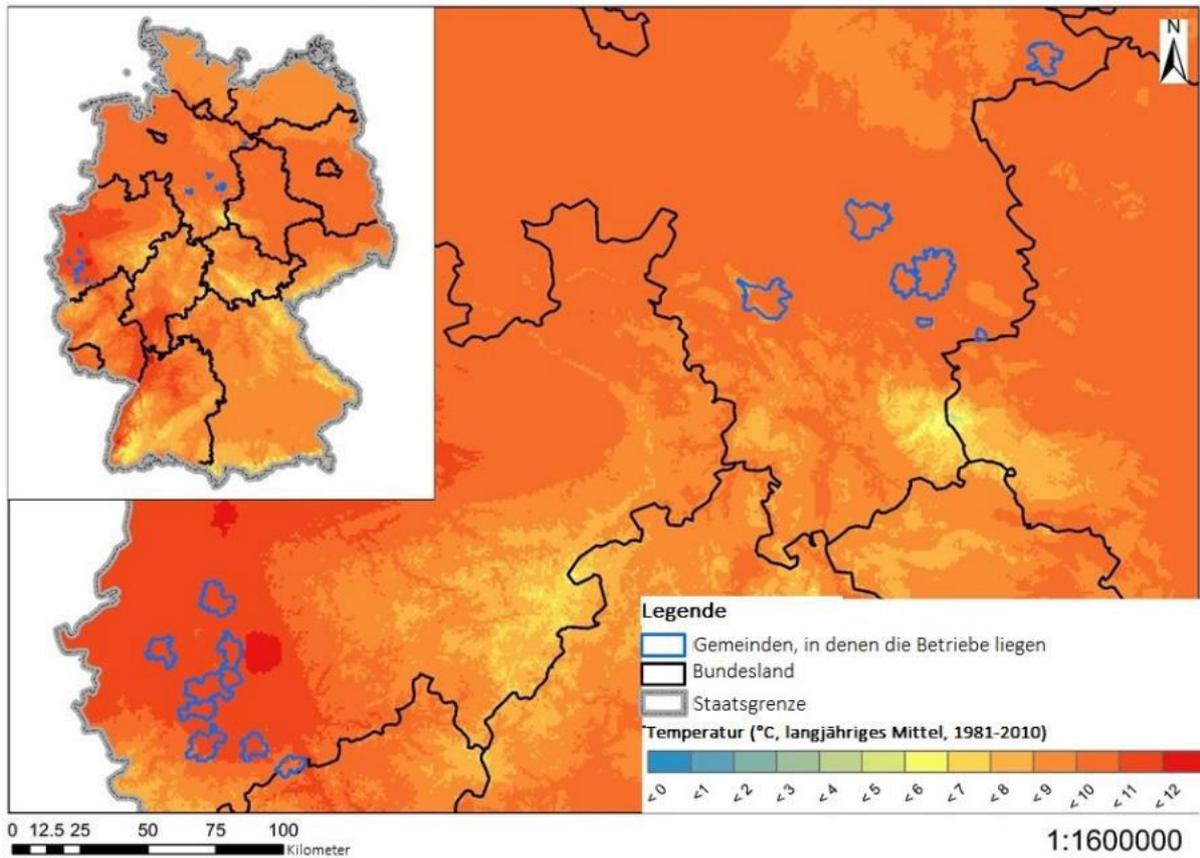
Quelle: Roßberg et al. (2007).

BKR-Nummer	BKR-Bezeichnung
101	mittlere diluviale Böden MV und Uckermark
102	sandige diluviale Böden des nordostdeutschen Binnentieflandes
104	trocken-warme diluviale Böden des ostdeutschen Tieflandes
105	vorpommersche Sandböden im Uecker-Randow-Gebiet
106	Oderbruch
107	Loßböden in der Ackerebene (Ost)
108	Loßböden in den Übergangslagen (Ost)
109	diluviale Böden der Altmark und Überlappung nördliches Niedersachsen
111	Verwitterungsböden in den Übergangslagen (Ost)
112	Verwitterungsböden in den Höhenlagen (östliches Bayern)
113	Nordwestbayern-Franken
114	Albflächen und Ostbayerisches Hügelland
115	Tertiär-Hügelland Donau-Süd
116	Gäu, Donau- und Inntal
117	Moränen-Hügelland und Voralpenland
120	Hochrhein-Bodensee
121	Rheinebene und Nebentäler
122	Schwäbische Alb, Baar
123	Oberes Gäu und körnermaisfähige Übergangslagen
127	Mittellagen Rheinland-Pfalz und Saarland
128	Hunsrück, Westerwald
129	Hocheifel/Höhenlagen
130	Odenwald, Spessart
132	Osthessische Mittelgebirgslagen
133	Zentralhessische Ackerbaugebiete, Warburger Börde
134	Sauerland, Briloner Höhen
141	Jülicher Börde, Zülpicher Börde/Niederungslagen, feucht
142	oberer Mittelrhein, Niederrhein, südliches Münsterland
143	Ost-Westfalen, Lippe, Haarstrang, Bergisches Land/Übergangslagen mäßig feucht
144	Münsterland/Niederungslagen, trocken
145	Südhannover/Lehmböden
146	Lüneburger Heide/Sandige Böden
147	mittleres Niedersachsen/leichte Lehmböden
148	südwestliches Weser-Ems-Gebiet/sandige Böden
150	nordwestliches Weser-Ems-Gebiet/sandige Böden
151	Elbe-Weser-Dreieck/sandige Böden
152	Niedersächsische Küsten- und Elbmarsch
153	Geest – Süd
154	südliches schleswig-holsteinisches Hügelland
155	Marsch – Nord
156	Geest – Nord
157	nördliches schleswig-holsteinisches Hügelland
158	NW-Mecklenburg und Küstengebiet/bessere diluviale Böden
191	Teutoburger Wald
192	Harz
193	Rhön
194	Thüringer Wald
195	Erzgebirge
196	Bayerischer Wald
198	Schwarzwald
199	Alpen

zusätzliche Boden-Klima-Räume

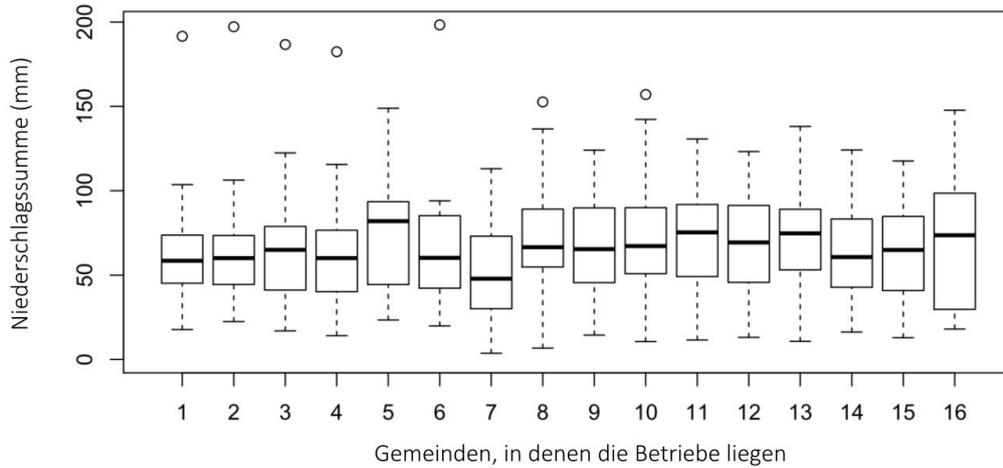
103	Niederungsstandorte NO-Deutschland (überwiegend Moore)
160	Moore Nordwest-Deutschland (Diese Standorte liegen kleinräumig und/oder nicht zusammenhängend in Ackerbau-BKR und werden deshalb „kartenmäßig“ nicht dargestellt.)

Anhang 2: Standortbedingungen der Betriebe – Temperatur (in °C, langjähriges Mittel, 1981-2010)

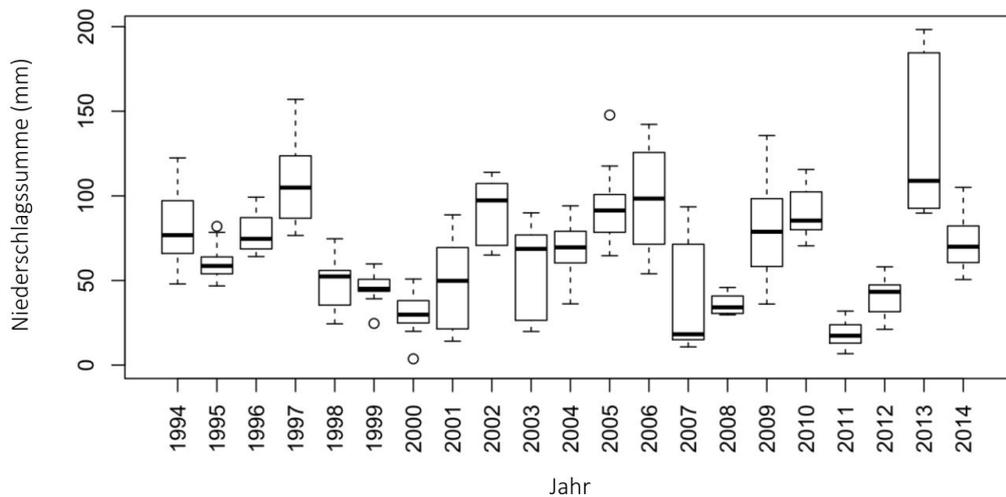


Quelle: Eigene Darstellung basierend auf DWD (2018c).

Anhang 3: Verteilung der Niederschlagssumme nach Jahr und Gemeinde innerhalb einer Wachstumsperiode am Beispiel der phänologischen Phase „Schossen“ von Winterweizen



(a) Auf die Gemeinden bezogene Boxplots für den Zeitraum 1994-2014

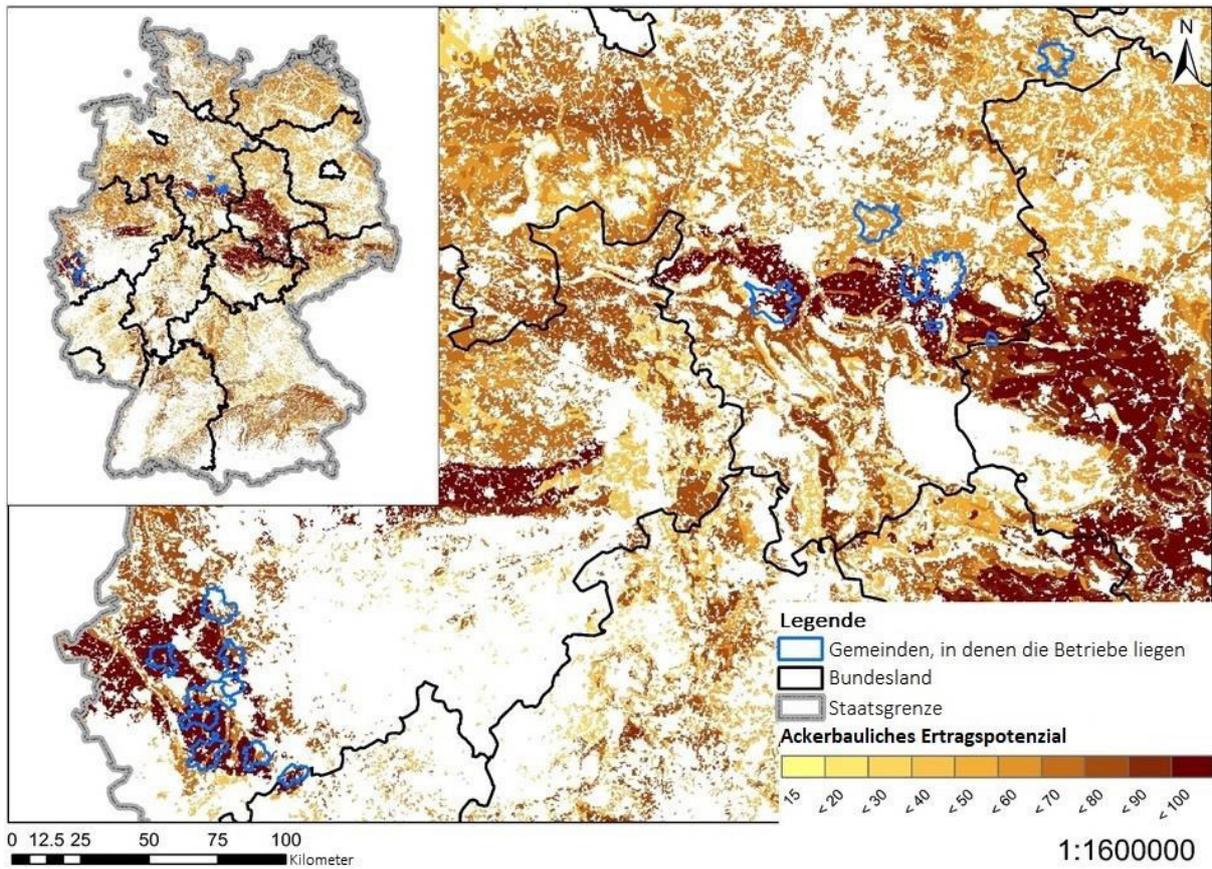


(b) Auf die einzelnen Jahre bezogene Boxplots für alle Gemeinden

Quelle: Doms et al. (2017a) und Möller et al. (2018).

Auf weitere Ergebnisse zur Niederschlagsvariabilität und zur Variabilität der Länge der phänologischen Phasen in den Untersuchungsregionen wird innerhalb dieser Arbeit nicht ausführlich eingegangen. Stattdessen sei auf die detaillierte Beschreibung in den genannten Quellen verwiesen.

Anhang 4: Standortbedingungen der Betriebe – Ackerbauliches Ertragspotenzial



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf BGR (2013).

Anhang 5: Ergebnisse des Tests auf Normalverteilung der einzelbetrieblichen Gesamtdeckungsbeiträge in €/ha (Status Quo, ohne WIV)¹⁾

Betrieb	Nullhypothese	Shapiro-Wilk-Test			Jarque-Bera-Test		
		Teststatistik	Statistische Signifikanz	Entscheidung	Teststatistik	Statistische Signifikanz	Entscheidung
1	Die einzelbetrieblichen Gesamtdeckungsbeiträge sind normalverteilt.	0,91	**	H ₀ muss verworfen werden.	0,28	n.s.	H ₀ muss nicht verworfen werden.
2		0,97	n.s.	H ₀ muss nicht verworfen werden.	0,02	n.s.	H ₀ muss nicht verworfen werden.
3		0,97	n.s.	H ₀ muss nicht verworfen werden.	1,12	n.s.	H ₀ muss nicht verworfen werden.
4		0,96	n.s.	H ₀ muss nicht verworfen werden.	0,83	n.s.	H ₀ muss nicht verworfen werden.
5		0,97	n.s.	H ₀ muss nicht verworfen werden.H ₀	1,07	n.s.	H ₀ muss nicht verworfen werden.
6		0,92	n.s.	H ₀ muss nicht verworfen werden.H ₀	3,47	n.s.	H ₀ muss nicht verworfen werden.
7		0,94	n.s.	H ₀ muss nicht verworfen werden.	1,72	n.s.	H ₀ muss nicht verworfen werden.
8		0,96	n.s.	H ₀ muss nicht verworfen werden.	1,44	n.s.	H ₀ muss nicht verworfen werden.
9		0,96	n.s.	H ₀ muss nicht verworfen werden.	0,26	n.s.	H ₀ muss nicht verworfen werden.
10		0,93	n.s.	H ₀ muss nicht verworfen werden.	2,91	n.s.	H ₀ muss nicht verworfen werden.
11		0,96	n.s.	H ₀ muss nicht verworfen werden.	0,67	n.s.	H ₀ muss nicht verworfen werden.
12		0,95	n.s.	H ₀ muss nicht verworfen werden.	1,20	n.s.	H ₀ muss nicht verworfen werden.
13		0,96	n.s.	H ₀ muss nicht verworfen werden.	0,72	n.s.	H ₀ muss nicht verworfen werden.
14		0,96	n.s.	H ₀ muss nicht verworfen werden.	0,38	n.s.	H ₀ muss nicht verworfen werden.
15		0,97	n.s.	H ₀ muss nicht verworfen werden.	0,81	n.s.	H ₀ muss nicht verworfen werden.
16		0,97	n.s.	H ₀ muss nicht verworfen werden.	0,92	n.s.	H ₀ muss nicht verworfen werden.
17		0,98	n.s.	H ₀ muss nicht verworfen werden.	0,10	n.s.	H ₀ muss nicht verworfen werden.
18		0,94	n.s.	H ₀ muss nicht verworfen werden.	1,34	n.s.	H ₀ muss nicht verworfen werden.
19		0,98	n.s.	H ₀ muss nicht verworfen werden.	0,55	n.s.	H ₀ muss nicht verworfen werden.
20		0,95	n.s.	H ₀ muss nicht verworfen werden.	0,39	n.s.	H ₀ muss nicht verworfen werden.

¹⁾ Die Grenze für die Ablehnung der Nullhypothese liegt bei beiden Tests bei einem Signifikanzniveau von 5%. Folgende Signifikanzniveaus werden ausgewiesen: *** = statistisch signifikant auf dem 1% Niveau, ** = statistisch signifikant auf dem 5% Niveau, n.s. bedeutet, dass der p-Wert >0,05 und somit das Testergebnis nicht statistisch signifikant ist.

Quelle: Eigene Darstellung.

Anhang 6: Gesamtbetriebliche HE für die fiktiven WIVs und standardisierten Hedge Ratios (zwei und drei Kontrakte je ha)^{1) 2)} (1994 - 2014)

Betrieb	Niederschlagsindex						Rasterniederschlagsindex				Bodenfeuchteindex I				Bodenfeuchteindex II					
	I Put		II Call		III Strangle		IV Put		V Call		VI Put		VII Call		VIII Put		IX Call		X Strangle	
	Anzahl Kontrakte		Anzahl Kontrakte		Anzahl Kontrakte		Anzahl Kontrakte		Anzahl Kontrakte		Anzahl Kontrakte		Anzahl Kontrakte		Anzahl Kontrakte		Anzahl Kontrakte		Anzahl Kontrakte	
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
1	-10,43	-17,38	-0,14	-0,22	-10,48	-17,40	-11,99	-19,62	0,20	0,17	-70,06	-126,39	-188,85	-330,54	-0,45	-0,75	1,11	1,33	0,80	0,89
2	-4,99	-7,86	1,89	1,38	-2,56	-5,21	-6,21	-9,75	0,26	0,27	-2,14	-3,31	-227,52	-402,70	0,00	0,00	2,89	4,18	2,89	4,18
3	-0,27	-0,76	-0,91	-1,62	-1,05	-2,10	-1,05	-1,94	0,34	0,40	0,05	-0,04	-100,75	-190,26	0,00	0,00	0,71	1,01	0,71	1,01
4	-3,50	-5,57	2,02	1,63	-1,11	-3,00	-3,49	-5,64	0,71	0,90	-43,69	-78,90	-223,20	-404,33	-0,28	-0,43	4,48	6,62	4,24	6,27
5	-5,80	-9,45	0,48	0,05	-5,04	-8,74	-6,93	-11,15	0,26	0,05	-2,24	-3,62	-206,96	-359,83	0,00	0,00	1,73	2,43	1,73	2,43
6	-1,28	-2,06	0,31	0,03	-0,79	-1,61	-1,91	-3,04	-0,24	-0,39	0,07	-0,03	-85,03	-172,04	0,00	0,00	1,05	1,53	1,05	1,53
7	0,06	-0,01	0,28	0,13	0,47	0,41	-0,12	-0,32	-0,02	-0,18	1,53	1,26	-47,09	-109,24	0,00	0,00	0,95	1,40	0,95	1,40
8	-0,38	-0,75	-0,13	-0,86	-0,30	-1,14	-0,67	-1,26	-0,02	-0,08	-1,91	-4,92	-105,16	-204,12	0,00	0,00	0,97	1,40	0,97	1,40
9	-4,34	-7,57	0,00	0,00	-4,34	-7,57	-5,94	-9,98	0,00	0,00	-7,14	-17,01	-104,92	-205,71	0,00	-0,01	2,26	3,23	2,30	3,31
10	-0,13	-0,43	1,02	1,46	0,94	1,13	-0,99	-1,71	0,05	0,02	-8,77	-18,13	-19,13	-78,04	0,00	-0,01	1,57	2,34	1,57	2,33
11	-2,51	-4,37	-0,25	-1,60	-2,29	-4,90	-2,11	-3,71	-0,65	-1,91	-58,19	-108,84	-366,74	-599,37	0,01	0,01	1,48	1,95	1,53	2,06
12	-2,28	-3,80	4,86	5,76	2,96	2,83	-1,65	-2,95	-0,43	-0,79	-0,33	-0,61	-260,14	-431,44	0,00	0,00	0,47	0,54	0,47	0,54
13	-1,48	-2,69	0,00	0,00	-1,48	-2,69	-2,59	-4,30	0,00	0,00	0,39	0,54	2,49	-16,03	0,00	0,00	1,21	1,74	1,21	1,74
14	-0,47	-0,89	-5,06	-9,20	-5,26	-9,48	-0,33	-0,64	-3,79	-7,29	0,00	0,00	-106,00	-192,14	0,00	0,00	0,10	0,08	0,10	0,08
15	-0,04	-0,40	-0,11	-0,73	0,27	-0,20	0,17	-0,20	-4,53	-7,97	-2,46	-4,29	-160,86	-287,50	0,00	0,00	1,34	1,87	1,34	1,87
16	-1,31	-2,06	-8,91	-14,82	-9,87	-16,10	-1,08	-1,82	-8,93	-14,81	0,00	0,00	-146,19	-250,07	0,00	0,00	-0,71	-1,17	-0,71	-1,17
17	-3,61	-5,70	-8,29	-15,26	-11,19	-19,32	-2,93	-4,63	-7,00	-13,31	0,00	0,00	-159,35	-279,85	0,00	0,00	0,65	0,83	0,65	0,83
18	-1,57	-2,66	3,81	5,26	2,44	3,04	-1,74	-2,95	3,61	4,96	0,00	0,00	-169,30	-293,47	0,00	0,00	0,42	0,49	0,42	0,49
19	1,20	1,28	0,06	0,05	1,35	1,55	0,40	0,10	0,31	0,43	-8,08	-13,81	-87,96	-153,41	0,00	0,00	0,06	-0,06	0,06	-0,06
20	-1,66	-2,73	-5,94	-11,03	-7,08	-12,59	-1,73	-2,90	-4,65	-8,62	0,00	0,00	-132,91	-245,02	0,00	0,00	0,99	1,36	0,99	1,36
Anzahl positiver HEs	2	1	9	9	6	5	2	1	8	8	4	2	1	0	1	1	19	18	19	18
Durchschnittliche HE	-2,24	-3,79	-0,75	-1,98	-2,72	-5,16	-2,64	-4,42	-1,23	-2,41	-10,15	-18,90	-144,78	-260,26	-0,04	-0,06	1,19	1,66	1,16	1,63

¹⁾ Ein positives (negatives) Vorzeichen der HE bedeutet eine Reduzierung (Steigerung) der Volatilität des einzelbetrieblichen GDBs. ²⁾ Alle positiven HEs sind fett markiert.

Quelle: Eigene Darstellung.

Anhang 7: Versicherungsmathematisch faire Prämie in €/Kontrakt für die standardisierten fiktiven Kontrakte (1994 - 2014)

Betrieb	Niederschlagsindex			Rasterniederschlags- index		Bodenfeuchteindex I		Bodenfeuchteindex II		
	Ⓘ Put	Ⓜ Call	Ⓜ Strangle	Ⓘ Put	Ⓜ Call	Ⓘ Put	Ⓜ Call	Ⓜ Put	Ⓜ Call	Ⓜ Strangle
1	22,54	0,25	22,79	21,03	1,57	24,43	333,09	0,90	10,37	11,27
2	4,86	14,51	19,37	5,78	2,12	1,95	483,05	0,00	8,19	8,19
3	5,17	6,28	11,45	6,97	2,15	2,09	409,48	0,00	7,55	7,55
4	4,59	11,92	16,52	4,81	4,72	23,81	680,05	0,47	11,80	12,27
5	5,17	6,28	11,45	6,93	2,77	2,09	409,48	0,00	7,55	7,55
6	4,86	14,51	19,37	5,78	2,12	3,81	470,28	0,00	7,88	7,88
7	4,86	14,51	19,37	6,45	6,73	14,09	431,48	0,00	6,95	6,95
8	4,59	11,92	16,52	5,78	2,12	14,09	431,48	0,00	6,95	6,95
9	22,07	0,00	22,07	22,93	0,00	14,62	264,00	0,69	7,42	8,10
10	7,07	3,41	10,48	8,34	2,46	22,75	407,15	0,06	7,34	7,40
11	4,53	8,11	12,65	4,31	5,69	28,09	600,38	0,37	9,84	10,21
12	4,59	11,92	16,52	4,73	3,62	1,95	483,05	0,00	8,19	8,19
13	18,35	0,00	18,35	18,04	0,00	1,19	127,14	0,00	7,08	7,08
14	4,66	10,14	14,80	4,09	10,34	0,00	327,19	0,00	6,81	6,81
15	6,12	5,81	11,93	7,75	7,94	3,76	253,24	0,00	4,96	4,96
16	2,51	14,75	17,27	4,44	11,53	0,00	322,24	0,00	6,68	6,68
17	4,66	10,14	14,80	4,09	10,34	0,09	312,09	0,00	6,32	6,32
18	5,07	4,85	9,92	5,43	4,73	0,00	328,42	0,00	6,81	6,81
19	17,58	0,98	18,57	16,61	1,27	7,24	158,90	0,00	7,57	7,57
20	5,10	11,10	16,20	5,24	11,49	0,00	358,38	0,00	7,52	7,52

Quelle: Eigene Darstellung.

Anhang 8: Versicherungsmathematisch faire Prämie in €/Kontrakt für die ex post optimierten fiktiven Kontrakte (1994 - 2014)

Betrieb	Niederschlagsindex			Rasterniederschlags- index		Bodenfeuchteindex I		Bodenfeuchteindex II		
	Ⓘ Put	Ⓜ Call	Ⓜ Strangle	Ⓘ Put	Ⓜ Call	Ⓘ Put	Ⓜ Call	Ⓜ Put	Ⓜ Call	Ⓜ Strangle
1	0,00	12,18	12,18	0,00	22,80	0,00	1,00	0,00	0,08	0,08
2	0,00	85,43	85,43	0,00	80,59	0,00	8,90	0,00	1,07	1,07
3	5,52	1,10	1,10	1,05	23,15	144,05	160,43	0,85	3,52	7,90
4	0,00	79,35	79,35	0,00	53,17	0,00	509,48	0,00	3,78	3,83
5	0,00	80,28	80,44	0,00	77,82	0,00	300,33	0,13	5,79	8,33
6	1,29	65,98	67,26	0,00	49,38	158,14	37,57	2,07	2,42	2,42
7	0,50	28,92	32,66	1,12	30,81	85,24	138,00	1,97	1,06	9,35
8	9,04	23,62	23,62	0,00	23,61	0,00	3,67	1,97	3,07	4,81
9	2,68	0,05	0,05	2,73	22,31	0,57	316,24	0,02	0,46	14,70
10	5,07	4,72	7,12	3,88	30,22	0,00	235,50	0,00	5,72	6,40
11	0,00	0,57	0,57	0,00	16,29	0,09	95,43	0,05	1,67	1,88
12	0,00	10,32	10,32	0,29	42,11	0,00	728,24	0,16	1,51	15,35
13	1,63	22,33	1,63	0,30	28,22	73,48	21,38	0,75	2,38	6,43
14	164,14	0,00	164,14	176,15	0,00	0,86	31,90	2,06	0,20	0,20
15	0,29	11,83	23,12	1,26	0,00	0,05	65,71	4,28	1,26	1,26
16	120,06	0,00	119,84	175,18	0,00	1,86	26,19	7,99	0,17	0,17
17	0,00	65,38	65,38	0,03	45,36	0,86	51,67	0,07	0,04	0,22
18	0,06	6,19	6,44	0,15	5,74	1,05	2,79	2,27	0,21	0,25
19	38,39	0,21	39,69	10,54	2,29	0,00	0,00	0,00	59,47	59,47
20	0,00	66,19	66,19	0,00	71,12	0,19	78,09	0,00	0,09	0,09

Quelle: Eigene Darstellung.

Anhang 9: Hedgingintensität (faire Prämie multipliziert mit der Hedge Ratio) in €/ha für die ex post optimierten fiktiven Hedgingstrategien (1994 - 2014)

Betrieb	Niederschlagsindex			Rasterniederschlags- index		Bodenfeuchteindex I		Bodenfeuchteindex II		
	Ⓘ Put	Ⓜ Call	Ⓜ Strangle	Ⓘ Put	Ⓜ Call	Ⓘ Put	Ⓜ Call	Ⓘ Put	Ⓜ Call	Ⓜ Strangle
1	0,00	32,97	32,97	0,00	44,38	0,00	19,54	0,00	12,09	12,09
2	0,00	203,29	203,29	0,00	306,97	0,00	33,82	0,00	57,69	57,69
3	2,32	4,88	4,88	3,36	79,07	43,61	91,64	33,64	79,50	277,56
4	0,00	132,68	132,68	0,00	139,01	0,00	192,09	0,00	179,68	184,75
5	0,00	185,30	187,82	0,00	179,91	0,00	61,26	1,88	56,83	73,91
6	5,17	199,11	233,24	0,00	212,25	24,32	79,86	13,99	127,33	127,33
7	24,66	90,04	133,07	24,63	41,11	64,58	152,17	56,97	117,08	561,28
8	6,99	31,45	31,45	0,00	36,26	0,00	49,06	10,93	69,01	108,62
9	2,33	23,22	23,22	3,42	42,45	4,35	92,35	4,35	23,91	162,99
10	8,84	50,10	68,39	7,61	176,83	0,00	300,14	0,00	250,22	279,70
11	0,00	8,30	8,30	0,00	26,69	0,63	51,47	0,63	42,46	46,41
12	0,00	39,65	39,65	3,57	90,21	0,00	25,41	3,57	14,62	48,73
13	24,11	37,96	24,11	4,59	74,98	18,70	54,73	14,10	71,93	189,88
14	134,75	0,00	134,75	70,29	0,00	8,09	32,63	16,56	24,74	24,74
15	4,03	11,23	42,62	9,03	0,00	0,85	33,98	5,23	37,51	37,51
16	120,35	0,00	120,13	216,75	0,00	36,29	8,38	59,67	18,12	18,12
17	0,00	7,92	7,92	0,72	10,29	6,97	21,26	0,71	14,45	16,75
18	2,90	37,88	39,43	2,90	34,48	11,78	22,38	10,02	14,99	17,93
19	114,11	2,10	142,65	23,55	10,88	0,00	0,00	0,00	79,26	79,26
20	0,00	5,64	5,64	0,00	20,71	5,98	60,71	0,00	24,54	24,54

Quelle: Eigene Darstellung.

Anhang 10: Mögliche Wettervariablen für das Design des Marktangebots

Temperatur (°C)	
Tiefsttemperatur (Tmin)	Berichtete Tiefsttemperatur während eines 24-h-Kalendertages
Höchsttemperatur (Tmax)	Berichtete Höchsttemperatur während eines 24-h-Kalendertages
Durchschnittstemperatur (Tavg)	$T_{avg} = (T_{min} + T_{max})/2$
Anzahl Tage mit Tiefsttemperatur < X°C	Tage innerhalb der Hedging Periode, an denen der Wert von X°C unterschritten worden ist
Anzahl Tage mit Höchsttemperatur > X°C	Tage innerhalb der Hedging Periode, an denen der Wert von X°C überschritten worden ist
Kumulative Höchsttemperatur	Entspricht der Summe der täglich aufgezeichneten Höchsttemperaturen in der Hedging Periode.
Kumulative Durchschnittstemperatur	Ist gleich der Summe der täglich aufgezeichneten Durchschnittstemperaturen.
Kumulative Tiefsttemperatur	Ist die Summe der täglich aufgezeichneten Tiefsttemperaturen in der Hedging Periode.
Wachstumsgradtage (Basis: X°C)	Dies entspricht der Summe der täglichen Wachstumsgradtage. Dazu wird die Durchschnittstemperatur berechnet und dann von der Basis abgezogen. Die Basis ist angegeben. Es wird eine Temperatursumme aus den positiven Differenzen gebildet, d.h. es wird an allen Tagen, an denen die Durchschnittstemperatur über der Basis liegt, die Differenz aus beiden Werten in der Berechnung der Temperatursumme berücksichtigt. Liegt die Durchschnittstemperatur unter der Basis, fließen für diese Tage 0°C in die Bildung der Temperatursumme ein.
Niederschlag (mm)	
Kumulativer Niederschlag	Gemessene Niederschlagssumme in mm während eines 24-h-Kalendertages; die Tagessummen werden dann über die gesamte Hedging Periode aufsummiert.
Überschüssiger Niederschlag	Zuerst wird der monatliche Durchschnittsniederschlag berechnet, den es über alle an der Wetterstation verfügbaren historisch aufgezeichneten Jahre gab. Resultierend aus dem monatlichen Durchschnittsniederschlag wird ein durchschnittlicher Tageserwartungswert an Niederschlag festgelegt. Es wird an jedem Tag der Hedging Periode überprüft, ob die tägliche Niederschlagssumme unter oder über dem durchschnittlichen Tageserwartungswert liegt. Der überschüssige Niederschlag in mm ist die Summe des täglichen Niederschlags über dem Durchschnittswert. Negative Werte werden nicht mit gezählt. An diesem Tag wird „null mm“ gezählt.
Mangelnder Niederschlag	Der mangelnde Niederschlag in mm ist die Summe des täglichen Niederschlags unter dem Durchschnittswert (zur Ermittlung des Durchschnittswerts siehe Erklärung überschüssiger Niederschlag).

Quelle: gvf (2017).

Anhang 11: Versicherungsmathematisch faire Prämie in €/Kontrakt für das Marktangebot und die verschiedenen Strike Level (1994 - 2014)

Betrieb	Strike Level <i>K</i> I	Strike Level <i>K</i> II	Strike Level <i>K</i> III	Strike Level <i>K</i> IV	Strike Level <i>K</i> V
1	26,23	0,00	0,00	0,00	0,00
2	40,21	5,78	0,00	0,00	0,00
3	38,11	13,71	5,99	0,00	0,00
4	58,72	8,01	0,00	0,00	0,00
5	42,64	0,00	0,00	0,00	0,00
6	24,35	1,84	0,00	0,00	0,00
7	31,32	0,00	0,00	0,00	0,00
8	21,49	0,00	0,00	0,00	0,00
9	34,65	5,49	1,80	0,00	0,00
10	49,52	25,02	17,17	9,33	2,25
11	29,42	1,04	0,00	0,00	0,00
12	34,13	2,67	0,00	0,00	0,00
13	28,91	8,49	5,14	1,80	0,00
14	20,22	2,13	0,00	0,00	0,00
15	50,54	4,69	0,06	0,00	0,00
16	35,21	2,63	0,00	0,00	0,00
17	31,76	0,00	0,00	0,00	0,00
18	41,70	6,10	0,03	0,00	0,00
19	32,90	0,00	0,00	0,00	0,00
20	32,81	10,08	6,75	3,42	0,09

Quelle: Eigene Darstellung.

Anhang 12: Versicherungsmathematisch faire Prämie in €/Kontrakt für das Marktangebot für die verschiedenen Strike Level und die ex post optimierten Hedge Ratios (1994 - 2014)

Betrieb	Strike Level <i>K</i> II	Strike Level <i>K</i> III
1	0,00	0,00
2	0,00	0,00
3	0,00	0,00
4	0,00	0,00
5	0,00	0,00
6	0,00	0,00
7	0,00	0,00
8	0,00	0,00
9	5,49	1,80
10	0,00	0,00
11	1,04	0,00
12	0,00	0,00
13	8,49	5,14
14	2,13	0,00
15	4,69	0,06
16	0,00	0,00
17	0,00	0,00
18	6,10	0,03
19	0,00	0,00
20	10,08	6,75

Quelle: Eigene Darstellung.

Anhang 13: Hedgingintensität (faire Prämie multipliziert mit der Hedge Ratio) in €/ha für das ex post optimierte Marktangebot (1994 - 2014)

Betrieb	Strike Level <i>K</i> II	Strike Level <i>K</i> III
1	0,00	0,00
2	0,00	0,00
3	0,00	0,00
4	0,00	0,00
5	0,00	0,00
6	0,00	0,00
7	0,00	0,00
8	0,00	0,00
9	7,49	7,49
10	0,00	0,00
11	10,43	0,00
12	0,00	0,00
13	4,30	4,30
14	2,27	0,00
15	22,40	13,62
16	0,00	0,00
17	0,00	0,00
18	16,79	8,47
19	0,00	0,00
20	18,01	18,01

Quelle: Eigene Darstellung.

Anhang 14: Fragebogen zur Erhebung ergänzender einzelbetrieblicher Informationen

Sehr geehrter Herr ...,

wie Sie bereits wissen, forsche ich im Rahmen meiner Doktorarbeit unter Nutzung Ihrer betriebspezifischen Daten zur Eignung von Wetterindexversicherungen als Risikomanagementinstrument in landwirtschaftlichen Betrieben.

Für meinen nächsten Modellierungsschritt, die Anwendung verschiedener Methoden der Produktionsprogrammplanung, benötige ich nun weitere betriebspezifische Informationen. Dabei handelt es sich um Angaben zu ihrer genauen Betriebsplanung im **Erntejahr 2014** (Planungsjahr 2013/14) und im **Erntejahr 2015** (Planungsjahr 2014/15).

Ziel ist es zu ermitteln, wie viel Sie von den einzelnen Kulturen Ihres Produktionsprogrammes hätten anbauen müssen, um Ihr betriebspezifisches Risiko, die Streuung des Gesamtdeckungsbeitrages, zu reduzieren. In einem weiteren Schritt soll die Risikominderung ermittelt werden, die sich durch die Möglichkeit ergibt, eine Wetterindexversicherung zu kaufen.

Auf Grund der gegebenen Datenstruktur wird die Analyse nur für folgende Ihrer angebauten Hauptkulturen durchgeführt: (Nennung der Hauptkulturen, hier aus Datenschutzgründen gelöscht).

Aus diesem Grund beziehen sich die Fragen nur auf die genannten Hauptkulturen.

Ich freue mich, wenn Sie sich bis zum 30. Mai 2017 ein wenig Zeit nehmen könnten, um meine Fragen zu beantworten.

Vielen Dank im Voraus für Ihre Hilfe.

Mit freundlichen Grüßen

Juliane Doms

Kontaktinformationen:

Juliane Doms
Lehrstuhl für Unternehmensführung im Agribusiness
Karl-Freiherr-von-Fritsch-Str. 4
06120 Halle (Saale)
E-Mail: juliane.doms@landw.uni-halle.de

1. **Frage:** Wie viel ha haben Sie insgesamt für den Anbau der obigen Hauptkulturen zur Verfügung?

	<u>2013/14</u>	<u>2014/15</u>
Gesamte Anbaufläche	_____ ha	_____ ha

2. **Frage:** Haben Sie unabhängig von Ihrem Anbauprogramm Fläche gepachtet oder verpachtet?

	<u>2013/14</u>	<u>2014/15</u>
Davon gepachtet:	_____ ha	_____ ha
Mittlerer Preis der Zupacht	_____ €/ha	_____ €/ha
Verpachtete Fläche	_____ ha	_____ ha
Mittlerer erhaltener Pachtpreis	_____ €/ha	_____ €/ha

3. **Frage:** Wie viele Arbeitskräfte konnten Sie insgesamt für den Anbau der obigen Hauptkulturen einsetzen? Falls eine exakte Angabe nicht möglich ist, machen Sie bitte die Angabe so genau wie möglich.

	Mengen- einheit	2013/14	2014/15
		insgesamt	insgesamt
Vollzeitarbeits- kräfte ¹ (z. B. Famili- enarbeitskräfte oder feste Angestellte)	Anzahl		
	AKh		
Saisonarbeitskräfte	Anzahl		
	AKh		
	€/AKh		
Jährliche verfügbare Gesamtarbeitszeit	AKh		

¹⁾ Es wird von 8-10 AKh je Tag ausgegangen.

6. **Frage:** Wie viele Feldarbeitstage hatten Sie in den einzelnen Zeitabschnitten für die Arbeitserledigung insgesamt zur Verfügung?

Planungsjahr 2013/14

Zeitabschnitte	Anzahl insgesamt verfügbarer Feldarbeitstage (in Tagen)	
Vegetationsbeginn bis 30. April		Vegetationsbeginn am:
01. Mai bis 30. Juni		
01. Juli bis 15. September		
16. September bis 15. November		

Planungsjahr 2014/15

Zeitabschnitte	Anzahl insgesamt verfügbarer Feldarbeitstage (in Tagen)	
Vegetationsbeginn bis 30. April		Vegetationsbeginn am:
01. Mai bis 30. Juni		
01. Juli bis 15. September		
16. September bis 15. November		

7. **Frage:** Wie viel Arbeitszeit stand Ihnen in den einzelnen Zeitabschnitten für die Arbeitserledigung für die einzelnen Kulturen insgesamt zur Verfügung? Was war die tatsächlich beanspruchte Arbeitszeit je gegebener Zeitspanne?

Planungsjahr 2013/14

	PV1	PV2	PV3	PV4	PV5
Maximal verfügbare Arbeitszeit insgesamt (AKh je ha)					
Beanspruchte Arbeitszeit (AKh je ha)					
Vegetationsbeginn bis 30. April					
01. Mai bis 30. Juni					
01. Juli bis 15. September					
16. September bis 15. November					

Planungsjahr 2014/15

	PV1	PV2	PV3	PV4	PV5
Maximal verfügbare Arbeitszeit insgesamt (AKh je ha)					
Beanspruchte Arbeitszeit (AKh je ha)					
Vegetationsbeginn bis 30. April					
01. Mai bis 30. Juni					
01. Juli bis 15. September					
16. September bis 15. November					

Anhang 15: Die Box-Jenkins Testprozedur

1. **Plotten der Zeitreihe** und erste Prüfung auf Trends
2. **Prüfung der Stationarität der Zeitreihe:** Mittels ADF und KPSS-Test und falls nötig Überführung in stationäre Zeitreihen z. B. durch Differenzierung
3. **Modellspezifikation:** Anhand von Mustern in der Autokorrelationsfunktion (ACF) und partiellen Autokorrelationsfunktion (PACF) Festlegung der Ordnung von p und q (klassischer Box-Jenkins Ansatz)
4. **Schätzung des Modells**
5. **Diagnose:** Entscheidung, ob gewähltes Modell adäquat ist anhand der statistischen Signifikanz der Parameter, Größe der Modell-Selektionskriterien AIC und BIC, ACF und PACF der Residuen
6. **Interpretation:** Wenn Modell adäquat, weiter mit 7., wenn nicht erneute Wiederholung der Prozedur (Beginn bei 3.), bis adäquates Modell ermittelt ist.
7. **Anwendung des Modells**

Da die Ermittlung von geeigneten Modellen über diese Testprozedur nicht trivial ist, kann auch auf automatische Verfahren zur Modellsuche, wie in dieser Studie angewandt, zurückgegriffen werden. Ausführlichere Erläuterungen finden sich in Schlittgen und Streitberg (2001: 288ff.) und Box et al. (2015: 16).

Anhang 16: Vergleich der Ergebnisse der Prozessschätzung mittels Statgraphics, SAS und Gretl

Als Beispiel für die abweichenden Ergebnisse der Prozessschätzung, die auf unterschiedliche Berechnungsmethoden der Softwarepakete zurückzuführen sind, wurde für die Einzeldeckungsbeitragszeitreihe für PV5 von Betrieb 1 ein AR(1)-Prozess mit Konstante mittels der Softwarepakete Statgraphics, SAS und Gretl geschätzt. Da bei Gretl und SAS die gleichen Ergebnisse resultierten und nur die Ergebnisse von Statgraphics abwichen, wurde Gretl zur endgültigen Schätzung der Prozesse verwendet. Die Rangfolge in der Güte der Prozesse (AR(1)-Prozess vs. alternativer Prozess) änderte sich dadurch nicht.

	Statgraphics	SAS	Gretl
AIC	11,67	302,90	304,90
Geschätzte Konstante	494,42	805,84	805,84
Geschätzter Koeffizient α_1 (p)	0,39	0,37	0,37
Statistische Signifikanz des Parameters (p)	*	*	*
$E(DB_{2015}^{PV5})$ in (€/ha)	868,16	864,85	864,85

¹⁾ *** = statistisch signifikant auf dem 1% Niveau, ** = statistisch signifikant auf dem 5% Niveau und * = statistisch signifikant auf dem 10% Niveau. ²⁾ Nur die wichtigsten Selektionskriterien sind dargestellt.

Quelle: Eigene Darstellung.

Anhang 17: Überblick über die geschätzten und angewandten Prognosemodelle^{1) 2) 3)}

Einen Überblick über die verwendeten Prognosemodelle sowie deren Adäquanz zur Ermittlung der Planannahmen gibt die folgende Tabelle. Nicht in allen Fällen ist der alternative Prozess besser geeignet als der AR(1)-Prozess. Es resultieren auch Prozesse, die als gleich gut eingestuft werden können.

Be- trieb	PV	AR(1) mit Konstante						Alternativ Prozess						
		AIC	Statistische Signifi- kanz des Parame- ters (p)	Test auf Normalverteilung der Störterme				Art des Prozesses	AIC	Statistische Signifi- kanz der Parameter (p,q)	Test auf Normalverteilung der Störterme			
				μ	σ	χ^2	Statis- tische Sig- nifikanz				μ	σ	χ^2	Statis- tische Sig- nifikanz
1	PV1_1	286,60	α_1 : ***	-0,61	195,12	6,39	**	ARIMA(1,1,2) mit Konstante	274,42	α_1 : n.s. β_1 : n.s. β_2 : *	-36,10	179,28	3,11	n.s.
	PV2_1	288,88	α_1 : ***	3,89	206,28	2,02	n.s.	ARIMA(2,1,2) ohne Konstante	273,78	α_1 : * α_2 : *** β_1 : n.s. β_2 : ***	38,52	171,67	1,63	n.s.
	PV3_1	315,15	α_1 : ***	3,83	387,14	0,35	n.s.	ARIMA(2,1,1) ohne Konstante	302,79	α_1 : *** α_2 : n.s. β_1 : ***	-5,74	392,46	0,55	n.s.
	PV4_1	300,78	α_1 : ***	15,03	280,69	5,08	*	ARIMA(0,1,1) mit Konstante	277,09	β_1 : ***	-29,63	207,77	3,14	n.s.
	PV5_1	304,90	α_1 : *	5,50	305,51	8,47	***	ARIMA(0,1,2) mit Konstante	287,56	β_1 : *** β_2 : n.s.	-26,20	251,51	6,89	**
7	PV1_7	307,81	α_1 : *	2,49	468,06	7,20	**	ARIMA(0,1,1) mit Konstante	308,41	β_1 : ***	-88,31	454,65	4,99	*
	PV2_7	308,32	α_1 : *	1,63	474,06	1,45	n.s.	ARIMA(1,1,1) ohne Konstante	310,61	α_1 : ** β_1 : ***	-3,88	493,05	2,75	n.s.
	PV3_7	304,22	α_1 : ***	7,56	427,16	3,88	n.s.	ARIMA(2,1,1) ohne Konstante	290,67	α_1 : n.s. α_2 : *** β_1 : n.s. β_2 : **	7,56	427,16	3,84	n.s.
	PV4_7	322,08	α_1 : **	8,38	671,66	0,65	n.s.	ARIMA(0,1,1) mit Konstante	317,44	β_1 : ***	-37,08	618,15	0,21	n.s.
	PV5_7	328,90	α_1 : n.s.s.	15,95	798,33	0,79	n.s.	ARIMA(0,1,1) mit Konstante	325,96	β_1 : ***	83,99	732,06	2,20	n.s.

¹⁾ *** = statistisch signifikant auf dem 1% Niveau, ** = statistisch signifikant auf dem 5% Niveau und * = statistisch signifikant auf dem 10% Niveau, n.s. bedeutet statistisch nicht signifikant. ²⁾ Nur die wichtigsten Selektionskriterien sind dargestellt. ³⁾ Nachteil der alternativen Prozesse gegenüber den AR(1)-Prozessen ist die Verkürzung der Zeitreihen um den ersten Datenpunkt durch die einmalige Differenzierung.

Quelle: Eigene Darstellung

Danksagung

Nun gilt es abschließend all' jenen, die mich während der langen und intensiven Arbeitsphase unterstützt und begleitet haben, Danke zu sagen.

An erster Stelle bedanke ich mich bei meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. Norbert Hirschauer für seine wissenschaftliche und methodische Unterstützung, die vielen anregenden Diskussionen und konstruktive Kritik während der gesamten Bearbeitungsphase meiner Dissertation. Herrn Prof. Dr. Oliver Mußhoff danke ich für die Übernahme des Zweitgutachtens.

Des Weiteren gilt mein Dank den Landwirten des Arbeitskreises „Betriebsführung Köln-Aachener Bucht“ der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen und des Arbeitskreises „Unternehmensführung“ der Landwirtschaftskammer Niedersachsen, die mir ihre einzelbetrieblichen Daten zur Verfügung gestellt haben. Den Leitern der Arbeitskreise Herrn Wilfried Beeker und Herrn Albrecht Siegismund danke ich dafür, dass sie mir jederzeit mit ihrem Fachwissen zur Seite standen. Auch Herrn Falk Böttcher, vom DWD Standort Leipzig, gilt mein herzlichster Dank für die Bereitstellung der (agrar-)meteorologischen Daten und fachlichen Diskussionen. Zudem danke ich der gvf Versicherungsmakler AG, insbesondere Sebastian Mahler und Maik Hanke, recht herzlich. Ohne die Unterstützung und das entgegen gebrachte Vertrauen aller wäre die Umsetzung dieser Studie nicht möglich gewesen. Vielen Dank für die gelungenen und erfolgreichen Kooperationen.

Weiterhin gilt mein Dank dem gesamten Team des Lehrstuhls Katja Funke, Anica Fietz, Miroslava Bavorova, Sven Grüner, Antje Jantsch und Jutta Enkelmann für die gute Zusammenarbeit, die vielen konstruktiven Gespräche und hilfreichen Ratschläge in den vergangenen Jahren. Auch den Kollegen des Lehrstuhls „Landwirtschaftliche Betriebslehre“ unter der Leitung von Prof. Dr. Peter Wagner gilt mein Dank. Insbesondere möchte ich Herrn Dr. Thomas Chudy, Herrn Dr. Jürgen Heinrich und Dr. Markus Möller danken, die mir mehrfach mit ihrem Fachwissen weitergeholfen haben.

Herrn Dr. Michael Marz danke ich für die Jahre lange Unterstützung bei verschiedensten technischen und fachlichen Angelegenheiten.

Frau Josefine Kipfelsberger gilt mein Dank für die Übernahme des Korrekturlesens und dafür, dass sie sich bereitwillig die Zeit dafür genommen hat.

Mein ganz besonderer Dank gilt meiner Familie, vor allem meinen Eltern, die mir mein Studium überhaupt ermöglichten und auch während der Anfertigung der Dissertation mich liebevoll unterstützt haben. Ich danke ihnen für den Rückhalt, den sie mir in jedweder Lebenslage geben.

Einen wesentlichen Beitrag hat auch mein Ehemann Martin geleistet. Er hat nicht nur meine Veröffentlichungen und Teile meiner Arbeit gelesen, sondern stand mir vor allem mental zur Seite. Für seine unendliche Geduld und motivierenden Worte kann ich ihm nicht genug danken.

Juliane Urban

Geburtsname: Doms

Geburtsdatum/ -ort: 22.01.1989 in Düsseldorf

Nationalität: Deutsch

Schulische und akademische Ausbildung

seit 01.2015	Doktorandin, Naturwissenschaftliche Fakultät III, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Professur „Unternehmensführung im Agribusiness“, <i>Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg</i>
10.2012 - 11.2014	Studium Agricultural and Food Economics, Abschluss: Master of Science, <i>Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn</i> , Schwerpunkt: Agribusiness Masterarbeit: Vergleich der Eigenmechanisierung mit der Vergabe von Arbeiten an Lohnunternehmen: eine empirische Studie,
10.2009 - 10.2012	Bachelor Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften, Abschluss: Bachelor of Science, <i>Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn</i> , Schwerpunkt: Markt und Konsum
2008	<i>Kardinal-Frings-Gymnasium</i> , Abschluss: Abitur

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt und die den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Datum

Unterschrift des Antragstellers

