

Hedging von Mengenrisiken in der Landwirtschaft – Wie teuer dürfen „ineffektive“ Wetterderivate sein?

Risk management and weather derivatives in agriculture – how much will farmers pay for an incomplete protection from weather risks

Oliver Mußhoff

Georg-August-Universität Göttingen

Norbert Hirschauer

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Zusammenfassung

Seit Mitte der 1990er Jahre werden „Wetterderivate“ als neues Instrument zum Management wetterbedingter Mengenrisiken diskutiert. Im Gegensatz zu schadensbezogenen Versicherungen erfolgt der Hedge bei Wetterderivaten durch an Wetterindizes (Niederschlagssummen, Temperatursummen etc.) gekoppelte Zahlungen, die an einer festgelegten Referenzwetterstation gemessen werden. Wetterderivate weisen gegenüber traditionellen Versicherungen den Vorteil auf, dass sie die Moral-Hazard- und Adverse-Selection-Problematik vermeiden. Dennoch ist - weltweit betrachtet - der Markt für Wetterderivate in der Landwirtschaft derzeit noch relativ klein. Ein Grund hierfür wird darin gesehen, dass theoretische Bewertungsschwierigkeiten bestehen - mit der Folge, dass kein eindeutiger Preis gefunden wird, den die Marktteilnehmer als fair erachten. Ein weiteres Anwendungshemmnis wird in der geringen Hedgingeffektivität (standardisierter) Wetterderivate gesehen. Im vorliegenden Beitrag wird ein gesamtbetrieblicher Risikoprogrammierungsansatz vorgestellt, mit dem die Zahlungsbereitschaft landwirtschaftlicher Unternehmen für Risikomanagementinstrumente im Allgemeinen und Wetterderivate im Speziellen bestimmt werden kann. Dabei wird sowohl das betriebsspezifische Risikoreduzierungspotenzial des betrachteten Instruments als auch die individuelle Risikoakzeptanz des Landwirts berücksichtigt. Die exemplarische Anwendung des Ansatzes auf einen Brandenburger Betrieb zeigt, dass selbst für einen standardisierten Optionskontrakt, der sich auf die an der Wetterstation Berlin-Tempelhof gemessenen Niederschläge bezieht, eine relevante Zahlungsbereitschaft seitens des Landwirts besteht. Diese Zahlungsbereitschaft ist so hoch, dass der Anbieter sogar einen Aufpreis verlangen könnte, der über dem traditioneller Extremschadensversicherungen liegt. Angesichts der gegenüber schadensbezogenen Versicherungen deutlich geringeren Transaktionskosten deutet dies auf ein erhebliches Handelspotenzial für Wetterderivate hin.

Schlüsselwörter

Wetterderivate; Niederschlagsrisiko; Zahlungsbereitschaft; Portfoliooptimierung; Hedging des Mengenrisikos

Abstract

Since the mid-nineties, agricultural economists discuss the suitability of “weather derivatives” as hedging instruments for volumetric risks in agriculture. Contrary to traditional insurance contracts, the payoffs of such derivatives are linked to weather indices (e.g. accumulated rainfall or temperature over a certain period) that are measured objectively at a defined meteorological station. While weather derivatives thus circumvent the problem of moral hazard and adverse selection, weather derivative markets for the agricultural sector are still in their infancy all-over the world. Some economists attribute this to theoretical valuation problems and the lack of a

pricing method which is accepted by all market participants. Others think that the low hedging effectiveness of (standardized and non-customized) weather contracts cripple the market. Motivated by the question of how weather derivatives should be priced to agricultural firms, this paper describes a risk programming model which can be used to determine farmers' willingness-to-pay (demand function) for weather derivatives. The model considers both the derivative's farm-specific risk reduction capacity and the individual farmer's risk acceptance. Applying it to the exemplary case of a Brandenburg farm reveals that even a highly standardized contract which is based on the accumulated rainfall at the capital's meteorological station in Berlin-Tempelhof generates a relevant willingness-to-pay. We find that a potential underwriter could even add a loading on the actuarially fair price that exceeds the loading level of traditional insurances. Since transaction costs are low compared to insurance contracts, this indicates that there may be a significant trading potential.

Key words

weather derivatives; rainfall risk; willingness-to-pay; portfolio optimization; hedging of volumetric risk

1. Einleitung

Das Wetter stellt insbesondere in der pflanzlichen Produktion einen wichtigen Produktions- und Risikofaktor dar. Bedingt durch den *Klimawandel* ist davon auszugehen, dass witterungsbedingte Ertragsrisiken (*Mengenrisiken*) zukünftig noch zunehmen werden. Seitens landwirtschaftlicher Unternehmen ergibt sich damit ein steigender Absicherungsbedarf (*Hedgingbedarf*) gegen ertragsbedingte Einkommenschwankungen. Als neues Hedginginstrument zur Verminderung von Mengenrisiken werden vermehrt *Wetterderivate* diskutiert (vgl. z.B. RICHARDS et al., 2004; BERG et al., 2005; TURVEY, 2005; ODENING et al., 2007). Diese werden teilweise auch als *indexbasierte Versicherungen* bezeichnet. Im Gegensatz zu konventionellen ertrags- bzw. *schadensbezogenen Versicherungen* erfolgt der Hedge bei Wetterderivaten durch Zahlungen, die an *Wettervariablen* (Temperatur, Niederschlag etc.) gekoppelt sind, welche objektiv an einem bestimmten Ort gemessen werden. Wetterderivate vermeiden damit die *Moral-Hazard-* und *Adverse-Selection-*Problematik klassischer ertragsbezogener Versicherungen.

Der Begriff „Wetterderivat“ speist sich aus der Tatsache, dass - analog zu herkömmlichen (*exchange-traded*) Finanzmarktprodukten, wie z.B. *Optionen* oder *Futures* - die ver-

einbarten zukünftigen Zahlungen des Vertrages an eine objektiv messbare stochastische Variable (das *Underlying*) gekoppelt sind, über deren volatile Entwicklung die Handelspartner den gleichen Informationsstand haben (können). Im Gegensatz zu herkömmlichen Optionen oder Futures handelt es sich bei diesem *Underlying* aber nicht um die Preisentwicklung einer Aktie, Ware, Währung oder um die Zinsentwicklung, sondern um einen definierten *Wetterindex* (z.B. die über einen bestimmten Zeitraum an einem spezifizierten Standort gemessene Niederschlags- oder Temperatursumme).¹

Bei einer Ausgestaltung des Wetterderivates als *Put-Niederschlagsoption* ließe sich z.B. festlegen, dass der Käufer der Option eine Zahlung erhält, wenn die im Juni des nächsten Jahres an der *Referenzwetterstation* in Berlin-Tempelhof gemessene Niederschlagssumme unter einem vereinbarten Schwellenwert (dem *Strike-Level*) liegt. Über die *Tick-Size*, die den Geldbetrag pro mm Unterschreitung des *Strike-Levels* definiert, wird der wetterabhängige Gesamtbetrag der Option bestimmt. Bei einer *Laufzeit* von einem Jahr könnte ein Landwirt die Option am 01. Juli erwerben und würde am 30. Juni des Folgejahres (Verfallszeitpunkt) eine indexbasierte „Versicherungsleistung“ ausgezahlt bekommen, wenn die gemessene Niederschlagssumme den vereinbarten *Strike-Level* unterschreitet. Bei Überschreitung des *Strike-Levels* ist die Zahlung dagegen Null.

Nach einer solchermaßen gedanklichen Ausgestaltung eines Wetterderivates stellt sich die Frage nach dem *adäquaten Derivatpreis*. Da für den Käufer (Verkäufer) einer Option die zukünftige Zahlung nicht negativ (positiv) werden kann, ergibt sich ein positiver (negativer) Erwartungswert der zu erwartenden (zu leistenden) Zahlung. Mit anderen Worten: Auch unter Abstraktion von Transaktionskosten kann diese Option vom Anbieter bzw. *Underwriter* (z.B. einer Versicherung oder Bank) nicht kostenlos angeboten werden. Damit sind implizit bereits die drei Determinanten angesprochen, die aus Sicht des Anbieters die Preisuntergrenze des Derivates bestimmen: (i) der Erwartungswert der zukünftigen Zahlung, der sich für das definierte Derivat auf der Grundlage der stochastischen Entwicklung der Wettervariablen ergibt, (ii) der zur Diskontierung der in der Zukunft liegenden Versicherungsleistung zu verwendende Zinssatz, und (iii) die Kosten zur Abwicklung dieser Transaktion.

Wenn das *Underlying* „Wetterindex“ - so wie z.B. eine Aktie - an perfekten Märkten gehandelt werden würde, könnte man auf die aus der Theorie zur Bewertung von Finanzderivaten bekannten Verfahren zurückgreifen und die Niederschlagsoption auf der Grundlage von Arbitrageüberlegungen unabhängig von der Risikoeinstellung der Marktteilnehmer (d.h. unter Verwendung des risikolosen Zinssatzes) bewerten (vgl. z.B. BLACK und SCHOLLES, 1973; MERTON, 1973). Bei Wetterindizes handelt es sich aber um sog. *non-traded Assets*, d.h. es sind keine Arbitrageprozesse möglich, und die Verfahren zur Bewertung von Finanzderivaten können keine Anwendung finden (vgl. auch DISCHEL, 1998).

TURVEY (2002) unterstellt deshalb unter Bezug auf das Capital-Asset-Pricing-Modell pauschal, dass die Korrelation zwischen Wetterindizes und dem Kapitalmarktrisiko vernachlässigbar ist und dass Wetterderivate keinen Risikobeitrag zu einem optimal diversifizierten Portfolio liefern („Marktpreis“ für das Wetterrisiko gleich Null). Der Wert von Wetterderivaten wird dann einfach als *faire Prämie* (actuarially fair price) bestimmt. Faire Prämie bedeutet, dass der Preis des Wetterderivates berechnet wird, indem der Erwartungswert der zukünftigen Zahlung mit dem risikolosen Zinssatz diskontiert wird.

Da eine Korrelation von Null zwischen Wetter- und Kapitalmarktrisiko keine plausible Annahme darstellt² (vgl. RICHARDS et al., 2004), ist die faire Prämie zzgl. der *Transaktionskosten* lediglich eine Untergrenze für den Angebotspreis von Wetterderivaten. Andere Verfahren zur Approximation eines adäquaten Wetterderivatpreises versuchen deshalb, die Risikoprämien der Marktteilnehmer zu berücksichtigen (vgl. z.B. ALATON et al., 2002; CAO und WEI, 1999). XU et al. (2007) bestimmen in diesem Zusammenhang mit Hilfe eines Indifference-Pricing-Modells für ein gedachtes *over-the-counter*-Geschäft (OTC) den kontraktvolumenabhängigen minimalen Verkaufspreis und den maximalen Kaufpreis für ein Wetterderivat. Liegt der minimale Verkaufspreis (Preisuntergrenze) unter dem maximalen Kaufpreis (Preisobergrenze), so entsteht ein *Handelspotenzial* für das Derivat.

Die bisher vorliegenden Bewertungsansätze, die die Risikoprämien der Marktteilnehmer berücksichtigen, weisen Schwächen auf. Zum einen verwenden sie wegen der Schwierigkeiten bei der Schätzung individueller Risikoeinstellungen „theoretische gegriffene“ Risikoaversionsparameter. Zum anderen sind sie nicht systemorientiert und betrachten nicht den Betrieb als Ganzes, sondern häufig nur einzelne Produktionsverfahren. Sie sind i.d.R. auch nicht dynamisch und abstrahieren davon, dass ein rationaler Landwirt nach der Einführung einer Hedgingmöglichkeit durch Wetterderivate sein Produktionsprogramm neu optimieren und anpassen wird. Mit anderen Worten: Bislang fehlt eine handhabbare Methode, mit der die *individuelle Zahlungsbereitschaft* (willingness-to-pay) von Landwirten für Wetterderivate auf der Grundlage betriebs- und personenspezifischer Informationen realitätsnah bestimmt werden kann (d.h. auf der Grundlage der empirischen Informationen bzgl. seiner *individuellen Risikoeinstellung* sowie des *betriebsspezifischen Risikoreduzierungs potenzials* des Derivates).

Im vorliegenden Beitrag wird ein entsprechender Ansatz beschrieben und gezeigt, wie man die Nachfrage des einzelnen Landwirts für ein definiertes Wetterderivat bei unterschiedlichen Preisen innerhalb eines *Risikoprogrammierungsansatzes* bestimmen kann. Damit knüpft der Beitrag an eine Forderung von BERG und SCHMITZ (2007) an, Wetterderivate im Rahmen eines gesamtbetrieblichen Portfolioansatzes zu analysieren. Es geht letztlich darum, ob und wie sich verschiedene Risikomanagementinstrumente - von der

¹ Wegen des gleichzeitig derivat- und versicherungsähnlichen Charakters des hier diskutierten Hedginginstruments benutzen wir im vorliegenden Beitrag - im Einklang mit der einschlägigen Literatur - den Begriff „Wetterderivat“ synonym mit dem Begriff „indexbasierte Versicherung“.

² Die pauschale Annahme einer zu vernachlässigenden Korrelation für alle möglichen denkbaren Wetterindizes ist nicht plausibel. Es lässt sich ohne weiteres ein Wetterindex (z.B. aus mehreren Variablen und Messstandorten) konstruieren, der mit dem Marktrisiko hoch korreliert ist.

Diversifizierung des Produktionsprogramms über klassische Schadensversicherungen bis hin zu indexbasierten Versicherungen - gegenseitig substituieren. Dabei ist zu beachten, dass es zwischen den beiden grundsätzlich unterschiedlich strukturierten marktbasieren Risikomanagementinstrumenten einen Trade-Off gibt: Klassische Schadensversicherungen stellen einerseits ein hochwirksames Instrument zur Risikoreduzierung dar, da Versicherungszahlungen für den individuellen Schadensfall erfolgen. Andererseits weisen sie aufgrund der Moral-Hazard-Problematik hohe Transaktionskosten auf. Demgegenüber sind standardisierte indexbasierte Versicherungen zwar weniger wirksam (d.h. es verbleibt ein hohes Rest- bzw. *Basisrisiko* beim Versicherungsnehmer). Sie weisen aber keine Moral-Hazard-Problematik auf und können somit billiger angeboten werden.

Unseres Wissens wurde ein entsprechender Risikoprogrammierungsansatz bislang noch nicht operationalisiert. In den Arbeiten von SCHLIEPER (1997) und BERG (2002) kommt zwar ebenfalls ein Risikoprogrammierungsansatz zur Analyse von Risikomanagementinstrumenten zur Anwendung. Allerdings werden dort keine Wetterderivate analysiert, sondern Ertrags- bzw. Erlösausfallversicherungen, die im Unterschied zu Wetterderivaten fruchtartenspezifisch und von der Moral-Hazard- sowie Adverse-Selection-Problematik betroffen sind. Gegenüber dem von SCHLIEPER (1997) und BERG (2002) genutzten klassischen EV-Ansatz umgehen wir - MUBHOFF und HIRSCHAUER (2007) folgend - die Schwierigkeit der expliziten Quantifizierung der Risikoaversion und greifen auf das Konzept der stochastischen Dominanz zurück.

Der vorgeschlagene Ansatz wird exemplarisch auf einen Brandenburger Marktfruchtbetrieb angewendet, der annahmegemäß die Hedgingmöglichkeit hat, Put-Optionskontrakte auf einen an der Wetterstation in Berlin-Tempelhof gemessenen Niederschlagsindex zu erwerben. Für diese Niederschlagsoption wird das theoretische Nachfragepotenzial - also das Nachfragepotenzial, das ein rationaler landwirtschaftlicher Unternehmer theoretisch aufweisen müsste - bzw. die Nachfragefunktion bestimmt. Während in vielen bislang vorliegenden komparativ-statischen (mit-ohne-Derivat) Vergleichen (vgl. z.B. BERG et al., 2005; MUBHOFF et al., 2007) das Kontraktdesign (Derivattyp, Ausgestaltung des Wetterindex, des Strike-Levels, der Tick-Size etc.) mit Blick auf eine möglichst hohe Effektivität „optimiert“ wird, wählen wir bewusst ein Wetterderivat mit sehr einfachem Design: Zum einen kann bei Verwendung eines gesamtbetrieblichen Portfolioansatzes, der die *dynamischen Anpassungen* des Produktionsprogramms nach „Hinzukommen“ der neuen Hedgingmöglichkeit berücksichtigt, das Derivat nicht auf ein vorab gegebenes Produktionsprogramm hin „optimiert“ werden. Zum anderen erscheint es mit Blick auf die Transaktionskosten wenig plausibel, dass eine Versicherung eine betriebsspezifische Produktgestaltung vornimmt und für jeden Betrieb ein eigenes Derivat designed. Zusätzlich zur Bestimmung der Nachfragefunktion des Landwirts für die betrachtete standardisierte Niederschlagsoption wird in diesem Beitrag explizit die Position eines (monopolistischen) Underwriters eingenommen, der sich fragt, ob er Innovationsgewinne erzielen kann, wenn er ein neues Produkt (das Wetterderivat) auf dem Markt platziert. Für diesen Anbieter wird der aus seiner Sicht optimale bzw. gewinnmaximale Preis für das Derivat bestimmt.

In Abschnitt 2 wird nach einer kurzen Abgrenzung der Begriffe „Effektivität“ und „Effizienz“ des Wetterderivates der gewählte Risikoprogrammierungsansatz vorgestellt. In Abschnitt 3 werden das Design des analysierten Wetterderivates sowie der exemplarisch betrachtete Betrieb beschrieben. Anschließend werden die Ergebnisse dargestellt und diskutiert (Abschnitt 4). Der Beitrag endet mit Schlussfolgerungen und einem Ausblick (Abschnitt 5).

2. Nachfrageorientierte Bewertung von Wetterderivaten

2.1 Effektivität und Effizienz von Hedginginstrumenten

Unter der *Effektivität eines Hedginginstruments* wird hier die Fähigkeit dieses Instrumentes verstanden, die Volatilität der relevanten Zielgröße (z.B. des Gesamtdeckungsbeitrages) bei konstantem Erwartungswert zu verringern. In der Regel wird dies durch die prozentuale Verringerung der Standardabweichung bzw. Varianz der Bezugsgröße angegeben (vgl. z.B. GOLDEN et al., 2007; MUBHOFF et al. 2007).

Die Effektivität eines Wetterderivates als Hedginginstrument für einen Landwirt hängt von der Korrelation zwischen dem Wetterindex und dem landwirtschaftlichen Produktionserfolg ab. Verschiedene Wirkungsanalysen (vgl. z.B. STOPPA und HESS, 2003; VEDENOV und BARNETT, 2004; BERG et al., 2005; MUBHOFF et al., 2007) zeigen, dass das Rest- bzw. Basisrisiko von Wetterderivaten in der Landwirtschaft sehr hoch sein kann. So betrachten bspw. BERG et al. (2005) ein explizit auf einen niedersächsischen Kartoffelproduzenten zugeschnittenes Wetterderivat und ermitteln eine Hedgingeffektivität von etwa 40%. MUBHOFF et al. (2007) kommen bei einem Wetterderivat, das gezielt für einen Brandenburger Weizenproduzenten spezifiziert wurde, zu einer Effektivität von ca. 33%. Mit einem anderen Risikomaß, und damit zahlenmäßig nicht direkt vergleichbar, kommen VEDENOV und BARNETT (2004) bei Wetterderivaten, die explizit auf die Betriebsgegebenheiten von Mais, Baumwolle oder Sojabohnen produzierenden Landwirten in den USA zugeschnitten sind, zu einem ebenfalls geringen Risikoreduzierungspotenzial. Zu beachten ist, dass sich in den genannten Untersuchungen die analysierten Wetterderivate auf einzelne Produktionsverfahren beziehen und bei gesamtbetrieblicher Betrachtung eine geringere Hedgingeffektivität zu erwarten ist.

Ursachen für ein hohes Basisrisiko sind die Entfernung des Produktionsstandortes von der Referenzwetterstation (*geographisches Basisrisiko*) sowie ein geringer Zusammenhang des Wetterindex (selbst am Ort der Produktion) mit dem Produktionserfolg (*Produktionsbasisrisiko*). Die geringe Hedgingeffektivität von Wetterderivaten in der Landwirtschaft ist zum einen darin begründet, dass der Niederschlag für den Erfolg in der Pflanzenproduktion von großer Bedeutung ist, gleichzeitig aber aufgrund der hohen räumlichen Variabilität des Niederschlags das geografische Basisrisiko niederschlagsbezogener Derivate schon bei einer geringen Entfernung von der Referenzwetterstation hoch ist. Zum anderen ist die geringe Wirksamkeit darauf zurückzuführen, dass sich von vornherein ein hohes Basisrisiko der Produktion ergibt, wenn man als Bezugsgröße einfache, d.h. nur wenig mit dem Produktionserfolg korrelierte Wetter-

indizes wählt, die sich z.B. auf die Niederschlagssumme innerhalb eines bestimmten Zeitraums beziehen.

Im Prinzip könnte man das Basisrisiko reduzieren, indem man das Derivat explizit auf die Spezifika des jeweiligen Betriebes zuschneidet. Dies könnte bspw. bedeuten, dass man „bessere“ Wetterindizes nutzt, die neben der Niederschlagssumme auch den zeitlichen Anfall des Niederschlags und/oder die Temperaturentwicklung direkt „am Ort der Produktion“ berücksichtigen. Dies hätte allerdings zur Folge, dass man für jeden Betrieb bzw. für unterschiedliche Standorte einen passenden (customized) Wetterindex bestimmen müsste. Außerdem wären weitere Referenzwetterstationen erforderlich. Der Vorteil geringerer Transaktionskosten gegenüber traditionellen Versicherungen würde damit erodiert.

Vordergründig könnte man versucht sein, aus einer geringen Hedgingeffektivität, die - wie bereits erwähnt - in einer Vielzahl vorliegender Untersuchungen festgestellt wurde, auf ein geringes Nachfragepotenzial seitens der Landwirte zu schließen. Dies greift aber zu kurz und vernachlässigt - pointiert gesagt - den Unterschied zwischen Effektivität und ökonomischer Effizienz. Während sich die Effektivität eines Risikomanagementinstruments ausschließlich auf die Wirksamkeit im Sinne der prozentualen Verringerung der Volatilität der Bezugsgröße bezieht, schließt die *ökonomische Effizienz eines Hedginginstruments* die Leistungen und die Kosten mit ein. Derivate, die auf einfachen Indizes beruhen und eine geringe Effektivität aufweisen, führen zwar einerseits zu einer geringeren Zahlungsbereitschaft seitens der Nachfrager, gleichzeitig können sie aber wegen der geringeren Transaktionskosten zu geringeren Preisen bereitgestellt werden. Deshalb ist keinesfalls klar, dass Wetterderivate mit einer geringen Hedgingeffektivität „schlecht“ sind bzw. kein Handelspotenzial besitzen. Im Gegenteil, bei geringem Preis können Wetterderivate mit geringer Hedgingeffektivität sehr effiziente Hedginginstrumente sein.

2.2 Das Modell zur betriebspezifischen Bewertung von Wetterderivaten

Ausgangspunkt des hier vorgeschlagenen Bewertungsverfahrens ist ein gesamtbetrieblicher Risikoprogrammierungsansatz zur Bestimmung des optimalen Produktionsprogramms unter Risiko:

$$\text{maximiere}_{x_t^j} E(GDB_t) = \sum_{j=1}^J E(DB_t^j) \cdot x_t^j$$

unter den Nebenbedingungen:

$$(1) \quad \sum_{j=1}^J a_t^{i,j} \cdot x_t^j \leq b_t^i, \text{ für } i = 1, 2, \dots, I$$

$$\sqrt{\sum_{j=1}^J (x_t^j \cdot \sigma^j)^2 + 2 \cdot \sum_{j=1}^J \sum_{k < j} x_t^j \cdot \sigma^j \cdot x_t^k \cdot \sigma^k \cdot \rho^{j,k}} \leq \bar{S}_t$$

$$x_t^j \geq 0$$

Der Zielfunktionskoeffizient $E(DB_t^j)$ kennzeichnet den erwarteten Deckungsbeitrag je Einheit der Produktionsaktivität j für das Planzieljahr t . Zu bestimmen sind die Anbauumfänge x_t^j , die unter Beachtung der Restriktionen zum

maximalen Zielfunktionswert führen. b_t^i bezeichnet die für das Planzieljahr zur Verfügung stehenden Kapazitäten der Faktoren i und $a_t^{i,j}$ bezeichnet die Faktoransprüche je Einheit der einzelnen Produktionsaktivität. \bar{S}_t steht für die maximal zulässige Standardabweichung des Gesamtdeckungsbeitrages. Die Standardabweichung des Gesamtdeckungsbeitrages eines beliebigen Produktionsprogramms kann bei Normalverteilung der Einzeldeckungsbeiträge bzw. Störterme unter Rückgriff auf die Gewichte (Anbauumfänge) der einzelnen Produktionsverfahren x_t^j , die Korrelationskoeffizienten $\rho^{j,k}$ sowie die Standardabweichung σ^j bzw. σ^k berechnet werden. Durch Maximierung des erwarteten Gesamtdeckungsbeitrages $E(GDB_t)$ für unterschiedliche Obergrenzen der Standardabweichung \bar{S}_t wird die betriebspezifische Risikoeffizienzlinie bestimmt.³

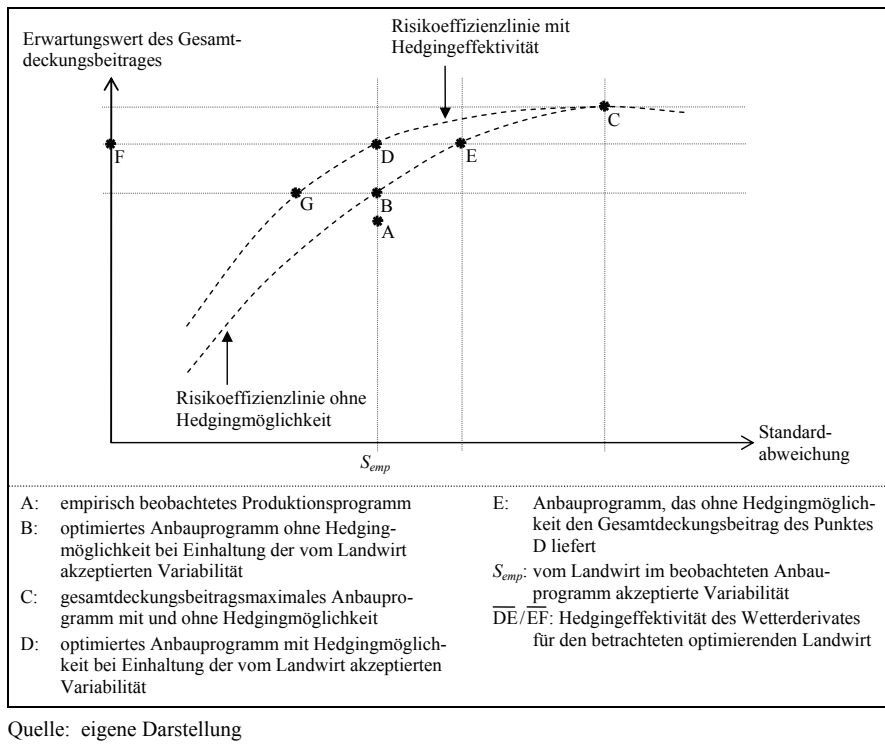
Nun wird das zu bewertende Wetterderivat bzw. der „Erwerb dieses Wetterderivates“ neben den „klassischen“ Produktionsaktivitäten in das Set der möglichen Aktivitäten des Optimierungsmodells aufgenommen. Für einen gegebenen Derivatpreis (der später parametrisiert wird) wird das Optimierungsproblem dann ebenfalls für unterschiedliche Obergrenzen der Standardabweichung gelöst. In Abbildung 1 ist der mögliche Verlauf der Risikoeffizienzlinie mit und ohne Hedgingmöglichkeit stilisiert dargestellt. Unterstellt wird dabei ein Derivatpreis, bei dem es für den (risikoaversen) Landwirt rational wäre, Wetterderivate zu erwerben.⁴ Bildlich gesprochen liegt die Risikoeffizienzlinie mit Hedgingmöglichkeit links oberhalb der Risikoeffizienzlinie ohne Hedgingmöglichkeit. Wenn das Derivat - wie realistischer Weise anzunehmen ist - mit einem positiven Aufpreis angeboten wird, dann ist das gesamtdeckungsbeitragsmaximale Produktionsprogramm in der Situation mit und ohne Hedgingmöglichkeit identisch. Es kann ja kein Wetterderivat erworben werden, ohne den maximalen Gesamtdeckungsbeitrag zu verringern. In Abbildung 1 ist dies durch Punkt C gekennzeichnet. In dem (unrealistischen) Spezialfall, dass das Wetterderivat ohne Aufpreis angeboten werden würde, könnte das gesamtdeckungsbeitragsmaximale Produktionsprogramm bereits bei einer links vom Punkt C liegenden Streuung erreicht werden.

Je größer die Fläche zwischen der Effizienzlinie mit und ohne Hedgingmöglichkeit ist, desto höher ist die „Güte“ des Derivates verstanden als betriebspezifisches Risikoreduzierungspotenzial. Diese betriebspezifische Leistung des Derivates ließe sich bspw. in einer Kennzahl ausdrücken, die die Fläche unterhalb der Risikoeffizienzlinie mit Hedgingmöglichkeit und die Fläche unterhalb der Risikoeffizienzlinie ohne Hedgingmöglichkeit ins Verhältnis setzt. Das betriebspezifische Risikoreduzierungspotenzial hängt von zwei Komponenten ab: erstens von der Höhe der (negativen) Korrelationen zwischen dem Rückfluss des Derivates und den Deckungsbeiträgen der klassischen Produktionsverfahren, und zweitens vom Preis des Derivates.

³ Sofern möglich, wird im Folgenden auf den Zeitindex t verzichtet.

⁴ Bei prohibitiv hohen Derivatpreisen fällt die Risikoeffizienzlinie mit Hedgingmöglichkeit mit der ohne Hedgingmöglichkeit zusammen.

Abbildung 1. Risikoeffizienzlinie mit und ohne Wetterderivat



Der tatsächliche Nutzen des Hedginginstrumentes für den betrachteten Entscheidungsträger ergibt sich aber erst unter Berücksichtigung seiner individuellen Risikoeinstellung. Aufgrund der bekannten Probleme bei der empirischen Schätzung konsistenter Risikoeinstellungen schlagen MUBHOFF und HIRSCHAUER (2007: 22) mit Blick auf die Optimierung von Programmentscheidungen im Rahmen eines Erwartungswert-Varianz- (EV-) Ansatzes vor, auf das Konzept der stochastischen Dominanz zweiten Grades (SSD) zurückzugreifen: „... neither trying to elicit nor knowing the individual farmers' risk attitudes and risk premiums, we concern ourselves only with second degree stochastically dominant solutions, i.e. with the more limited attempt to find out whether expected payoff could be increased without increasing the empirically observed variance.“ Letzteres bezieht sich auf die mit dem empirisch vom Landwirt gewählten Produktionsprogramm implizit zum Ausdruck gebrachte Risikoakzeptanz. Das in (1) dargestellte Optimierungsmodell nutzt diesen Ansatz für die Bewertung von Wetterderivaten.

In Abbildung 1 ist das empirische Produktionsprogramm eines begrenzt rational handelnden Landwirts, der aufgrund mangelnder Informationsverarbeitungskapazitäten suboptimale Entscheidungen trifft, durch den Punkt A gekennzeichnet. Der Vergleich des optimierten Produktionsprogramms ohne Hedgingmöglichkeit (Punkt B) mit dem optimierten Produktionsprogramm mit Hedgingmöglichkeit (Punkt D) zeigt, um wie viel der zu erwartende Gesamtdeckungsbeitrag nach Einführung des Wetterderivates bei konstant bleibendem Risiko gesteigert werden kann. Mit anderen Worten: Wir nehmen bewusst eine dynamische Perspektive ein und verstehen das Verhältnis DE zu EF als Hedgingeffektivität im Sinne der prozentualen Risiko-reduzierung für dasjenige Produktionsprogramm, das ein rationaler optimierender Landwirt nach „Hinzukommen“ der neuen Hedgingmöglichkeit auswählt.

Der hier beschriebene Risikoprogrammierungsansatz liefert aus zwei Gründen eine Untergrenze des Nutzens von Wetterderivaten (was im Sinne einer absichtsvoll konservativen Einschätzung der Zahlungsbereitschaft nicht von Nachteil ist): Zum einen bestimmen wir lediglich das Gesamtdeckungsbeitragssteigerungspotenzial, das sich bei gleicher Varianz ergibt, wenn das Wetterderivat als zusätzliche Aktivität in das Programm aufgenommen werden kann.⁵ Oder anders ausgedrückt: Da nur auf SSD zurückgegriffen wird, stellt die Strecke \overline{BD} den minimalen Zusatznutzen dar,⁶ den ein rational handelnder Landwirt durch den Einsatz des Wetterderivates realisieren kann. Zum anderen ergibt sich tendenziell eine Unterschätzung durch die Messung des Risikos über die Standardabweichung. Zwar liegt die Annahme einer Normalverteilung für den Gesamtdeckungsbeitrag, die eindeutig durch den Erwartungswert und die Varianz beschrieben werden

kann, bei der Portfoliooptimierung zunächst aufgrund des zentralen Grenzwertsatzes nahe. Bei Hinzunahme der Hedgingmöglichkeit durch Wetterderivate wird diese Annahme aber mit zunehmender Effektivität des Hedginginstrumentes immer unplausibler. Wetterderivate, die als Option ausgestaltet sind, führen systematisch zu einer Stützung der Verteilung oder zumindest zu geringeren Wahrscheinlichkeiten in ihrem linken Bereich. Geht man trotzdem von einer Normalverteilung aus, so unterschätzt man die Hedgingeffektivität systematisch, da über die Berechnung der Varianz die reduzierte Variabilität als reduzierte symmetrische Abweichung vom Mittelwert fehlinterpretiert wird. Beide Aspekte führen dazu, dass auch das Nachfragepotenzial im Rahmen des hier angewendeten Risikoprogrammierungsansatzes unterschätzt wird.

Mit Blick auf Abbildung 1 lässt sich zusammenfassend festhalten, dass die Fläche zwischen den beiden betriebs-

⁵ Damit kennzeichnet der Punkt D nicht notwendigerweise den Optimalpunkt, der den Risikonutzen des Landwirts maximiert. Ein (gedachter) Entscheidungsträger, der eine Risikoprämie gemäß der Steigung der Risikoeffizienzlinie in Punkt B fordert, würde nicht den Punkt D wählen. Wäre die individuelle Risikoaversion bekannt, ließe sich das Optimum auf der Effizienzlinie mit Hedgingmöglichkeit als der Punkt finden, an dem die Steigung der Steigung in Punkt B entspricht.

⁶ Dem Hinweis eines anonymen Gutachter folgend, sei auf Folgendes hingewiesen: Wegen des Rückgriffs auf SSD ergibt sich verfahrensbedingt eine Untergrenze des Nutzens von Wetterderivaten innerhalb des Gesamtportfolios. Wenn es durch eine inadäquate Modellspezifizierung zu einer Nicht-Berücksichtigung relevanter Restriktionen kommt, könnte sich auch eine Überschätzung des Nutzens des Wetterderivates ergeben. Dieser allgemeine Einwand gilt im Prinzip für alle Programmierungsmodelle und wird hier nicht weiter verfolgt.

spezifischen Risikoeffizienzlinien die Kapazität des Hedginginstruments zur Risikoreduzierung in einem bestimmten Betrieb beschreibt. Dagegen lässt sich der (minimale) Zusatznutzen des Hedginginstruments für einen individuellen Entscheidungsträger durch einen SSD-basierten *punktbezogenen* Vergleich der beiden Risikoeffizienzlinien ableiten.

3. Annahmen und Datengrundlage

3.1 Spezifikation des betrachteten Wetterderivates

Die Getreideproduktion in Nordostdeutschland ist in hohem Maß vom Niederschlagsrisiko betroffen. Bislang werden aber in Deutschland keine Hedginginstrumente angeboten, die Landwirte gegen trockenheitsbedingte Mengenrisiken absichern. Zur Verdeutlichung der Vorgehensweise wird deshalb im Folgenden ein Underwriter unterstellt, der Niederschlagsderivate anbietet. Konkret soll es sich dabei um eine europäische Put-Niederschlagsoption handeln, deren Auszahlung F_T wie folgt definiert ist:

$$(2) \quad F_T = \max(\bar{I} - I_T, 0) \cdot V$$

Als Wetterindex I_T wählt der Underwriter annahmegemäß die kumulierten Tagesniederschlagsmengen, die zwischen dem 01. April und dem 30. Juni 2006 an der Messstation Berlin-Tempelhof festgestellt werden. Der Landwirt kann die Option am 01. Juli 2005 erwerben. Die Option erbringt am 30. Juni 2006, d.h. am Ende ihrer Laufzeit $T = 1$ Jahr, eine Versicherungsleistung, wenn der gemessene Wert unter dem Strike-Level $\bar{I} = 151,6$ mm liegt, der der durchschnittlichen Niederschlagsmenge der Monate April-Mai-Juni in den Jahren 1980 bis 2005 entspricht. Die Tick-Size V , die die Differenz zwischen \bar{I} und I_T monetarisiert, wird auf 1 € je mm Unterschreitung des Strike-Levels festgelegt.

Die faire Prämie wird auf der Grundlage der versicherungsmathematischen Standardvorgehensweise (vgl. z.B. JEWSON und BRIX, 2005: 135), d.h. mit Hilfe der Burn-Analyse (historischen Simulation) bestimmt. Dabei werden unter Rückgriff auf die Wetteraufzeichnungen der Referenzwetterstation Berlin-Tempelhof der Jahre 1980 bis 2005 die Rückflüsse des Kontrakts berechnet, die sich ergeben hätten, wenn das Wetterderivat in diesem Zeitraum vorhanden gewesen wäre. Unter Verwendung des risikolosen Zinssatzes (hier: 5% p.a.) ergibt sich eine faire Prämie von 16,85 € je Kontrakt.

Der Preis, zu dem der Underwriter das Wetterderivat anbieten wird, ergibt sich aus der fairen Prämie zzgl. einem Aufpreis. Der Underwriter wird für das Derivat einen Aufpreis fordern, der den Transaktionskosten, der Prämie für die Risikoübernahme und der Gewinnprämie Rechnung trägt. Bei einem angenommenen Derivatpreis in Höhe der fairen Prämie bringt das Derivat dem Nachfrager gerade so viel an Einkommen, wie es ihn kostet. Diversifiziert der Landwirt sein Produktionsprogramm durch den Erwerb eines Derivates, so ist der erwartete Deckungsbeitrag (Zielbeitrag) dieser Aktivität ($E(DB^D)$) nichts anderes als der mit einem negativen Vorzeichen versehene Aufpreis. Man kann also bspw. sagen, dass die Risikoabsicherung den Landwirt bei einem Preis von 20 € je Kontrakt nur $(20 - 16,85 =) 3,15$ € kostet.

3.2 Erhebung und Auswertung der betrieblichen Daten

Um mit Hilfe des Risikoprogrammierungsansatzes zu analysieren, wie das beschriebene Wetterderivat in einem konkreten Betrieb wirkt, müssen zunächst die betrieblichen Restriktionen quantifiziert werden. Neben den Kapazitäten und Fruchtfolgerestriktionen betrifft dies die empirisch beobachtete Standardabweichung, die im Modell als Obergrenze verwendet wird und die Suche auf stochastisch dominante Lösungen begrenzt. Zudem muss der Erwartungswert und die Variabilität der Deckungsbeiträge der verschiedenen Aktivitäten statistisch quantifiziert werden. Neben den „klassischen“ Produktionsverfahren schließt dies die Aktivität „Erwerb eines Wetterderivates“ ein.

Der exemplarisch betrachtete Marktfruchtbetrieb befindet sich etwa 40 km westlich von der Referenzwetterstation Berlin-Tempelhof. Auf 703 ha Fläche setzt der Betrieb mit vier Arbeitskräften (inkl. Betriebsleiter) die Hauptkulturen Winter- und Sommerweizen, Winterroggen, Winter- und Sommergerste, Winterraps, Körnermais, Non-Food-Raps und Stilllegung um. Außerdem können Saisonarbeitskraftstunden (SAK) für jeweils 15 € verfügbar gemacht werden. Neben der Faktorausstattung (Arbeitskräfte und Hauptbetriebsfläche) werden vom Betriebsleiter Informationen hinsichtlich der Fruchtfolgerestriktionen, der Anzahl der erwarteten Feldarbeitstage sowie der maximal verfügbaren und von den einzelnen Verfahren beanspruchten Arbeitszeiten in den kritischen Arbeitszeitperioden erhoben. Zur Ermittlung der vom Landwirt akzeptierten Variabilität des Gesamtdeckungsbeitrages wurde zudem das empirische Anbauprogramm der Produktionsperiode 2005/06 erfasst.

Zum Zeitpunkt der Planung des Anbauprogramms im Jahr 2005 ist der im Planzieljahr, also der nach der Ernte 2006 tatsächlich zu erzielende Einzeldeckungsbeitrag DB_t^j für die jeweilige Kultur nicht bekannt. Als Datengrundlage für die statistische Quantifizierung der Unsicherheit dienen die Einzeldeckungsbeiträge von 1980 bis zum Planungszeitpunkt im Jahr 2005.⁷ In der vorliegenden Anwendung werden (im Bereich der linearen Modelle) ergebnisoffene Zeitreihenanalysen durchgeführt und das zur jeweiligen Einzeldeckungsbeitragszeitreihe am besten „passende“ ARIMA(p,d,q)-Modell bestimmt (vgl. BOX und JENKINS, 1976). Im Ergebnis der statistischen Analysen ergeben sich für die Deckungsbeiträge der einzelnen Produktionsverfahren AutoRegressive-Prozesse erster Ordnung (AR(1)-Prozesse) mit normalverteilten Störtermen. Dabei wurden nur Parameter verwendet, die mit 5% Irrtumswahrscheinlichkeit signifikant verschieden von Null sind.⁸ Bei einem

⁷ Aufgrund des wendebedingten Strukturbruchs Anfang der 1990er Jahre werden für den Zeitraum von 1980 bis 1992 anstelle betriebsindividueller Daten standortangepasste Hilfszeitreihen (Proxies) verwendet. Diese wurden unter Rückgriff auf ZMP-Angaben und Daten der LDS Brandenburg erstellt. Wir konstruieren also standortspezifische Deckungsbeiträge auf der Grundlage von Vergleichsdaten, die für den Vorwendezeitraum auf westdeutschen Preisen und westdeutschen Ertragsdaten für ähnliche Standorte beruhen. Die Einzeldeckungsbeiträge von 1993 bis 2005 sind betriebsindividuell.

⁸ Dem Hinweis eines anonymen Gutachters folgend, sei darauf hingewiesen, dass sich im betrachteten Zeitraum die agrarpolitischen Rahmenbedingungen mehrfach geändert haben. Klar

AR(1)-Prozess ergibt sich der zukünftige Wert für die Unsicherheitsvariable als Erwartungswert $E(DB_t^j)$ plus Störterm χ_t^j , wobei der Erwartungswert selbst einer Konstanten α_0^j zzgl. dem vorhergehenden Beobachtungswert DB_{t-1}^j in der Gewichtung α_1^j entspricht (vgl. PINDYCK und RUBINFELD, 1998: 535):

$$(3) \quad DB_t^j = E(DB_t^j) + \chi_t^j \\ = \alpha_0^j + \alpha_1^j \cdot DB_{t-1}^j + \chi_t^j$$

$$\text{mit } |\alpha_1^j| < 1$$

Im gesamtbetrieblichen Portfolioansatz finden die im Ergebnis der Zeitreihenanalyse bekannten Erwartungswerte der Einzeldeckungsbeiträge sowie die Standardabweichungen und Korrelationen der Störterme Berücksichtigung. Die Deckungsbeiträge des Wetterderivates werden im Risikoprogrammierungsansatz als Normalverteilung abgebildet. Zur Bestimmung der Verteilungsparameter werden unter Rückgriff auf die Wetterdaten der Jahre 1980 bis 2005 die Rückflüsse des Wetterderivates genutzt, die sich ergeben hätten, wenn das Wetterderivat in diesem Zeitraum vorhanden gewesen wäre.

In Tabelle 1 sind die Informationen, die sich aus der Zeitreihenanalyse und der Erfassung der sonstigen Betriebsspezifika ergeben, in einem klassischen Optimierungstableau zusammengefasst. Der hier angegebene Wert von Null für den Deckungsbeitrag der Aktivität (Erwerb eines Wetterderivat(es), der ja der unrealistischen Annahme eines Aufpreises von Null auf die faire Prämie entspricht, ist lediglich als Platzhalter zu verstehen. Zur Bestimmung der vom Landwirt rationaler Weise nachzufragenden Preis-Mengen-Kombinationen (preisabhängiges Kontraktvolumen) wird dieser Aufpreis parametrisiert. Als Obergrenze für die zulässige Variabilität wird hier die Standardabweichung von 100 493 € ausgewiesen, die der Landwirt im Jahr 2005 mit seinem eigenen Programm implizit akzeptiert hat. Um die grundsätzlichen Effekte aufzuzeigen, wird auch dieser Wert in den Modellrechnungen parametrisiert. Mit Blick auf die Korrelationsmatrix ist zudem anzumerken, dass die Korrelationen zwischen den Deckungsbeiträgen der einzelnen pflanzlichen Produktionsverfahren (mit Ausnahme des Körnermais) deutlich positiv sind, während die Korrelationen mit der „Versicherungszahlung“ des Wetterderivates negativ ausfallen.⁹

ist, dass man über einen eindeutigen Strukturbruch hinweg keine Zeitreihenanalysen durchführen sollte. So würde niemand auf den Gedanken kommen, Agrarpreise vor und nach der Wende in den neuen Bundesländern als eine Zeitreihe aufzufassen und zu analysieren, ohne diesem Bruch Rechnung zu tragen (siehe Fußnote 7). Fasst man den Begriff Strukturbruch aber eng, so lassen sich eigentlich gar keine statistischen Analysen durchführen. Vielmehr muss man dann entweder auf ein zuverlässigeres Kausalmodell zurückgreifen oder man hat mangels eines solchen auf Prognosen vollständig verzichtet. Angesichts dieses Dilemmas haben wir uns für die Zeitreihenanalyse und statistische Tests mit der üblichen Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% entschieden.

⁹ In dem vorliegenden Planungsansatz werden die fixe Faktorausstattung sowie die technologische Ausgestaltung und damit

4. Ergebnisse

Das Wetterderivat ermöglicht aufgrund seiner negativen Korrelation mit den Deckungsbeiträgen der eigentlichen Produktionsverfahren, dass der Landwirt rentablere und gleichzeitig riskantere Verfahren in das Anbauprogramm aufnehmen kann, ohne dass das Gesamtrisiko steigt. Mit anderen Worten: Die risikoreduzierende Maßnahme „Diversifizierung im Rahmen klassischer Produktionsverfahren“ kann durch den Einsatz von Wetterderivaten substituiert werden. In Tabelle 2 sind die diesbezüglichen Ergebnisse des Risikoprogrammierungsansatzes dargestellt. Für systematisch variierte Standardabweichungen (Zeile 1 bis 9)¹⁰ sowie für unterschiedliche erwartete Deckungsbeiträge bzw. Aufpreise des Derivates $E(DB^D)$ sind die Erwartungswerte des Gesamtdeckungsbeitrages (Spalte 2 bis 6) und die Hedgingeffektivitäten (Spalten 7 bis 10) ausgewiesen.

In Zeile 5 der Tabelle 2 sind die Ergebnisse für eine Standardabweichung des Gesamtdeckungsbeitrages von 100 493 € angezeigt, die der Landwirt in seinem tatsächlich gewählten Produktionsprogramm implizit akzeptiert hat. Unter Maßgabe dieser Variabilitätsobergrenze ergibt sich ohne Hedgingmöglichkeit (oder mit einem Wetterderivat mit prohibitiv hohen Kosten) ein erwarteter Gesamtdeckungsbeitrag von 287 410 € (Spalte 2). Wenn das Derivat - im anderen Extrem - ohne Aufpreis erworben werden könnte, dann könnte der betrachtete Landwirt einen erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag von 294 300 € erzielen, ohne dass die akzeptierte Standardabweichung überschritten werden würde (Spalte 3). Im Vergleich zur Situation ohne Derivat ergibt sich also ein um 6 890 € höherer erwarteter Deckungsbeitrag. Diese Deckungsbeitragsserhöhung ist in Spezialisierungsgewinnen begründet. Um diesen Deckungsbeitrag ohne Derivat zu erreichen, müsste der Landwirt eine Standardabweichung von 107 320 € akzeptieren. Dies entspricht einer Hedgingeffektivität von $(107\,320 - 100\,493)/107\,320 = 6,4\%$ (Spalte 7).

Ein systematischer Spaltenvergleich in Tabelle 2 verdeutlicht, dass mit der Erhöhung des Aufpreises die Gesamtdeckungsbeitragssteigerung, die der Landwirt durch das Derivat erzielen kann, immer geringer ausfällt. Bei einem Aufpreis von bspw. 2 € pro Kontrakt beträgt der erwartete Deckungsbeitrag bei der vom Landwirt akzeptierten Standardabweichung nur noch 291 770 € (Spalte 4). Ohne Derivat müsste der Landwirt dafür eine Standardabweichung von 104 510 € akzeptieren. Die Hedgingeffektivität sinkt auf 3,8% (Spalte 8).

die Deckungsbeiträge der einzelnen Produktionsverfahren als gegeben angesehen. Damit sind z.B. Risikomanagementinstrumente wie „Halten maschineller Überkapazitäten“ oder „Erwerb einer Hagelversicherung“ nicht Gegenstand des hier verwendeten Optimierungsansatzes.

¹⁰ Zur Erzeugung von vier gleichen Intervallen zwischen der empirisch akzeptierten und der gesamtdeckungsbeitragsmaximalen Standardabweichung wurde die Standardabweichung in Schritten von 1 883 € variiert.

Tabelle 1. Optimierungstableau (Darstellung der im betrachteten Betrieb erfassten Information)															
	Aktivitäten										Hilfsaktivitäten				Faktor- ausstattung
	Winter- weizen	Sommer- weizen	Winter- roggen	Winter- gerste	Sommer- gerste	Winter- raps	Körner- mais	Non-Food- Raps	Wetter- derivat	Still- legung	Sakh März/April	Sakh Mai/Juni	Sakh Juli/Sept.	Sakh Sept./Nov.	
Zielfunktionskoeffizient $E(DB)$	410	290	367	365	317	610	13	559	0*	75	-15	-15	-15	-15	
Umfang χ	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	
Flächenanspruch															
März und April	0,31	2,60	0,28	0,31	2,55	0,36	2,60	0,36	0,00	0,00	-1	0	0	0	
Mai und Juni	0,79	0,46	0,24	0,51	0,51	0,89	0,80	0,89	0,00	0,00	0	-1	0	0	
Mitte Juli bis Mitte Sept.	2,41	2,35	2,18	2,05	2,04	3,50	0,00	3,50	0,00	2,00	0	0	-1	0	
Mitte Sept. bis Mitte Nov.	2,89	0,39	2,60	2,82	0,00	0,65	2,20	0,65	0,00	0,00	0	0	0	-1	
Fruchtfolge-															
Weizen I	0,47	0,47	-0,54	-0,54	-0,54	-0,54	-0,54	-0,54	0,00	-0,54	0	0	0	0	
Weizen II	-0,85	-0,85	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,00	0,15	0	0	0	0	
Roggen	-0,41	-0,41	0,59	-0,41	-0,41	-0,41	-0,41	-0,41	0,00	-0,41	0	0	0	0	
Gerste	-0,40	-0,40	-0,40	0,60	0,60	-0,40	-0,40	-0,40	0,00	-0,40	0	0	0	0	
Raps	-0,22	-0,22	-0,22	-0,22	-0,22	0,78	-0,22	0,78	0,00	-0,22	0	0	0	0	
Stilllegung	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	-0,90	0,00	-0,90	0	0	0	0	
Standardabweichung	165	146	133	166	135	260	170	228	25	0				100 493	
Winterweizen	1,00	0,85	0,74	0,66	0,71	0,53	0,17	0,57	-0,32						
Sommerweizen		1,00	0,69	0,56	0,81	0,53	0,32	0,57	-0,38						
Winterroggen			1,00	0,68	0,64	0,66	0,08	0,67	-0,31						
Wintergerste				1,00	0,63	0,52	-0,02	0,48	-0,25						
Sommergerste					1,00	0,51	0,14	0,53	-0,41						
Winterraps						1,00	0,24	0,98	-0,27						
Körnermais							1,00	0,19	-0,18						
Non-Food-Raps								1,00	-0,27						
Wetterderivat									1,00						

* Der hier angegebene Wert für den Aufpreis des Wetterderivates von Null ist als Platzhalter zu verstehen. Tatsächlich wird der Derivatpreis parametrisiert.
Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 2. Risikoeffizienzlinien und Hedgingeffektivitäten bei unterschiedlichen Aufpreisen für das Wetterderivat*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10										
											Standardabweichung (in €)	Erwartungswert des Gesamtdeckungsbeitrages (in €) bei unterschiedlichen Aufpreisen für das Wetterderivat**					punktbezogene Hedgingeffektivität (in %) bei unterschiedlichen Aufpreisen für das Wetterderivat			
												$E(DB^D) = -\infty$ (ohne Derivat)	$E(DB^D) = 0$ (Aufpreis = 0)	$E(DB^D) = -2$ (Aufpreis = 2)	$E(DB^D) = -4$ (Aufpreis = 4)	$E(DB^D) = -10$ (Aufpreis = 10)	$E(DB^D) = 0$ (Aufpreis = 0)	$E(DB^D) = -2$ (Aufpreis = 2)	$E(DB^D) = -4$ (Aufpreis = 4)	$E(DB^D) = -10$ (Aufpreis = 10)
1	92 962	271 280	286 880 (100 110)	284 050 (98 554)	281 580 (97 457)	275 710 (94 885)	7,1	5,7	4,6	2,0										
2	94 844	275 620	289 370 (102 160)	286 570 (99 902)	284 310 (98 671)	279 610 (96 591)	7,2	5,1	3,9	1,8										
3	96 727	279 920	291 250 (103 980)	288 480 (101 360)	286 360 (99 767)	282 650 (97 929)	7,0	4,6	3,0	1,2										
4	98 610	284 170	292 940 (105 760)	290 190 (102 930)	288 170 (101 100)	285 230 (99 116)	6,8	4,2	2,5	0,5										
5	100 493	287 410	294 300 (107 320)	291 770 (104 510)	289 860 (102 620)	287 510 (100 570)	6,4	3,8	2,1	0,1										
6	102 376	289 610	294 700 (108 024)	292 850 (105 670)	291 430 (104 160)	289 610 (102 380)	5,2	3,1	1,7	0,0										
7	104 258	291 520	294 700 (108 024)	293 640 (106 540)	292 690 (105 490)	291 520 (104 250)	3,5	2,1	1,2	0,0										
8	106 141	293 280	294 700 (108 024)	294 220 (107 210)	293 760 (106 680)	293 280 (106 140)	1,7	1,0	0,5	0,0										
9	108 024	294 700	294 700 (108 024)	294 700 (108 024)	294 700 (108 024)	294 700 (108 024)	0,0	0,0	0,0	0,0										

* Die für den betrachteten Entscheider relevante Zeile ist grau unterlegt.

** In Klammern ist die Standardabweichung angegeben, die beim jeweiligen erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag ohne Hedgingmöglichkeit in Kauf genommen werden müsste.

Quelle: eigene Berechnungen

Ein systematischer Zeilenvergleich in Tabelle 2 verdeutlicht, dass der betriebliche Zusatznutzen und die Hedgingeffektivität, die sich mit dem Wetterderivat ergeben, mit zunehmendem Einsatz des „Produktionsfaktors“ Risiko bzw. zunehmender Risikoakzeptanz sinken (abnehmende Grenzerträge). Zeile 9 verdeutlicht den Sachverhalt am Extremfall: Das gesamtdeckungsbeitragsmaximale Produktionsprogramm, das einen erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag von 294 700 € erbringt, ist mit einer Standardabweichung von 108 024 € verbunden. Ein risikoneutraler Entscheider würde dieses Risiko akzeptieren. Für ihn ergäbe sich durch die Möglichkeit des Einsatzes eines Wetterderivates gar kein Zusatznutzen mehr.

Zur Verdeutlichung der Substitution des Risikomanagementinstrumentes „Diversifizierung des Anbauprogramms“ durch das Risikomanagementinstrument „Wetterderivat“

sind in Tabelle 3 die Produktionsprogramme des (rationalen) Landwirts, der eine Standardabweichung des Gesamtdeckungsbeitrages von 100 493 € akzeptiert hat, bei unterschiedlichen Aufpreisen für das Wetterderivat dargestellt. Dabei steht die letzte Zeile für die Situation ohne Wetterderivat. Es wird deutlich, dass durch die Einführung des Wetterderivates die Produktionsverfahren Winterroggen und Sommergerste durch den relativ profitableren, aber auch riskanteren Winterweizen (zum Teil) substituiert werden.

Neben der Deckungsbeitragssteigerung, die sich unter Rückgriff auf SSD als Nutzenuntergrenze des Wetterderivates für den Landwirt ergibt, lässt sich mit dem Risikoprogrammierungsansatz auch die Frage beantworten, welchen Preis ein monopolistischer Underwriter pro Kontrakt verlangen sollte, um den eigenen Deckungsbeitrag (Zahl verkaufter Kontrakte multipliziert mit dem Aufpreis pro Kon-

Tabelle 3. Anbauumfänge einzelner Produktionsverfahren bei unterschiedlichen Kontraktpreisen (in ha)*

Aufpreis in € pro Kontrakt ($-E(DB^D)$)	Produktionsverfahren									
	Winterweizen	Sommerweizen	Winterroggen	Wintergerste	Sommergerste	Winterweizen	Körnermais	Non-Food-Raps	Wetterderivat	Stillelegung
0	376	0	126	0	45	85	0	70	1 528	0
4	354	0	91	0	103	85	0	70	791	0
10	236	0	160	0	151	85	0	70	96	0
∞	205	0	195	0	148	85	0	70	0	0

* $S_{emp} = 100 493$ €

Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 4. Auswirkungen des Wetterderivates für Anbieter und Nachfrager bei unterschiedlichen Kontrakt-aufpreisen*

	Aufpreis in € pro Kontrakt ($-E(DB^D)$)							
	0	2	4	4,45	6	8	10	≥12,21
Nachfrage des Landwirts (Stück)	1 528	1 092	791	717	490	259	96	0
Erhöhung des erwarteten GDB des Landwirts durch den Erwerb des Wetterderivates (€)	6 890	4 361	2 451	2 111	1 181	441	101	0
Deckungsbeitrag der Versicherung aus dem Verkauf des Wetterderivates (€)	0	2 185	3 162	3 190	2 941	2 075	965	0
Minimaler Gesamtnutzen aus der Einführung des Wetterderivates (€)	6 890	6 546	5 613	5 301	4 122	2 516	1 066	0

* $S_{emp} = 100\,493\text{ €}$

Quelle: eigene Berechnungen

trakt) zu maximieren. Unter der Annahme, dass fixe (Transaktions-)Kosten pro Vertragspartner anfallen, entspricht das Deckungsbeitragsmaximum dem Gewinnmaximum. In Tabelle 4 ist zunächst die Zahl der Wetterderivate dargestellt, die ein optimierender Landwirt bei einer akzeptierten Standardabweichung von $S_{emp} = 100\,493\text{ €}$ bei unterschiedlichen Aufpreisen nachfragen würde. Bei einem Kontraktpreis in Höhe der fairen Prämie (d.h. einem Aufpreis von 0 €) verbleibt beim Underwriter kein Deckungsbeitrag. Der Landwirt erzielt dagegen im Vergleich zur Situation ohne Derivat einen um 6 890 € höheren Gesamtdeckungsbeitrag. Mit zunehmendem Preisaufschlag pro Derivat reduziert sich die Zahl der nachgefragten Kontrakte. Ab einem Aufpreis von 12,21 € ist der Erwerb von Wetterderivaten für den Landwirt unattraktiv. Mit anderen Worten: Die Kontraktkosten sind prohibitiv hoch (vgl. Fußnote 4) und übersteigen den Nutzen des Landwirts, so dass keine Nachfrage mehr generiert wird.

Der Deckungsbeitrag des Anbieters steigt mit zunehmendem Aufpreis des Derivates zunächst an und sinkt ab einem bestimmten Aufpreis wieder ab. Der optimale Aufpreis aus Sicht eines monopolistischen Underwriters beträgt 4,45 € pro Kontrakt. Mit anderen Worten: Wenn der Underwriter nur auf das Geschäft mit dem hier betrachteten Landwirt abzielen würde, dann ergäbe sich aus seiner Sicht ein optimaler Gesamtpreis für das Wetterderivat von 21,30 € (faire Prämie von 16,85 € zgl. Aufpreis von 4,45 €). Bei diesem Preis fragt der optimierend-diversifizierende Landwirt 717 Kontrakte nach und hat - im Vergleich zur Situation ohne Derivat - einen um 2 111 € höheren Gesamtdeckungsbeitrag. Der Underwriter erzielt einen Deckungsbeitrag von 3 190 €.

Der aus Sicht des Anbieters optimale Aufpreis beläuft sich auf 26,4% der fairen Prämie. Bei der klassischen Hagelversicherung liegen die Aufpreise auf einem Niveau von 20 bis 25% (BMELV, 2001: 26; WEBER et al., 2008). Da davon auszugehen ist, dass die Transaktionskosten für (standardisierte) Wetterderivate deutlich geringer als bei schadensbezogenen Versicherungen sind, könnte es für Versicherungen und Landwirte also durchaus von Vorteil sein, wenn es zu einem Handel mit Wetterderivaten käme. Oder anders herum formuliert: Aus der hier eingenommenen Perspektive des Underwriters deutet sich ein beträchtlicher Handlungsspielraum an, das Derivat zu einem Preis anzubieten, der es auch für Nachfrager interessant macht, bei denen

eine geringere Risikoaversion und/oder eine geringere Hedgingeffektivität vorliegen als im Beispielbetrieb.

5. Schlussfolgerungen und Ausblick

In diesem Beitrag wird ein Risikoprogrammierungsansatz vorgeschlagen, mit dem die Zahlungsbereitschaft für Risikomanagementinstrumente im Allgemeinen und Wetterderivate im Speziellen bestimmt werden kann, die ein rationaler landwirtschaftlicher Unternehmer theoretisch aufweisen müsste. Der Ansatz ermöglicht es, die Schwächen bislang vorgeschlagener Verfahren zur Bewertung von Wetterderivaten abzumildern: Es können die Risikoakzeptanz des Betriebsleiters, die Produktionsmöglichkeiten und Interdependenzen des landwirtschaftlichen Betriebes als System sowie die dynamischen Anpassungsreaktionen des Betriebes an die Verfügbarkeit eines Wetterderivates berücksichtigt werden. Die seitens der Landwirte nachgefragten Preis-Mengen-Kombinationen können genutzt werden, um den aus Sicht eines monopolistischen Anbieters optimalen Derivatpreis zu bestimmen.

Im Falle des hier beispielhaft betrachteten etwa 700 ha großen Marktfruchtbetriebs in Brandenburg zeigt sich, dass sich auch bei vergleichsweise hohen Preisen für Wetterderivate noch eine signifikante Zahlungsbereitschaft des Landwirts ergibt. Bei der Interpretation dieses Ergebnisses ist Folgendes zu beachten:

- Um grundsätzlich zu zeigen, wie man den individuellen Nutzen von Risikomanagementinstrumenten im landwirtschaftlichen Betrieb bestimmt, wurden die bis zum Planungszeitpunkt 2005 verfügbaren Deckungsbeitragszeitreihen für die Zeitreihenanalyse genutzt. Dazu passend wurde die vom Landwirt mit seinem zuletzt geplanten Produktionsprogramm geäußerte Risikoakzeptanz im Optimierungsmodell berücksichtigt. Im Zeitablauf können sich Erwartungswerte, Streuungen und Korrelationen sowie Risikoakzeptanzen ändern, da neue Informationen bzgl. der Entwicklung der stochastischen Variablen hinzukommen. Bei der Betrachtung eines anderen Planzieljahres würden sich deshalb die Ergebnisse des Optimierungsansatzes u.U. verändern.
- Im Beispielbetrieb würde der Anbieter für die betrachtete Produktionsperiode beim aus seiner Sicht optimalen Preis für das Wetterderivat einen Umsatz von etwa 15 000 € erzielen. Der Umsatz bzw. der nominale Derivatpreis selbst

liefert allerdings noch keine Information über die Kosten des Risikoabsicherungsinstrumentes „Wetterderivat“ für den Landwirt. Hierzu muss zusätzlich die faire Prämie, also der Erwartungswert der „Versicherungsleistung“ berechnet werden. Allein der Aufpreis, also die Differenz zwischen fairer Prämie und nominalen Derivatpreis bestimmt die Kosten des Risikoabsicherungsinstrumentes.

- Der aus der Sicht des Anbieters optimale Aufpreis, der für das Geschäft mit dem Beispielbetrieb ermittelt wurde, ist nicht zu verallgemeinern. Die Zahlungsbereitschaft eines Landwirts ist abhängig von seiner Risikoeinstellung und dem betriebsspezifischen Potenzial des Wetterderivates zur Glättung von Einkommensschwankungen. Diese wird durch die Entfernung des Betriebes von der Referenzwetterstation (geografisches Basisrisiko) und die Spezifikation des Wetterindex (Basisrisiko der Produktion) beeinflusst. Weiterführende Untersuchungen, die auf der Grundlage der hier beschriebenen Vorgehensweise weitere Betriebe einbeziehen, könnten Aufschluss über die theoretische Zahlungsbereitschaft der Landwirte einer bestimmten Region liefern.
- Allerdings kann vor der Durchführung von klassischen Marktstudien nicht gesagt werden, wie viel von dem theoretischen Marktpotenzial für Wetterderivate durch Marketing und Aufklärung der Landwirte im Sinne einer transparenten Produktinformation tatsächlich realisiert werden kann. Um den Vorteil der Einfachheit und geringer Transaktionskosten nicht zu erodieren, sollten dabei einfache Wetterderivate „getestet“ werden, die sich auf vorhandene Wetterstationen beziehen. Es ist zu erwarten, dass der Anbieter über den Preis des Wetterderivates den „Einzugsraum“ der Nachfrager bestimmen kann. Mit anderen Worten: Bei einem relativ geringen Preis werden auch weiter von der Referenzwetterstation entfernt liegende Landwirte durch das Derivat angesprochen, während bei einem höheren Preis der Einzugsraum aufgrund des zunehmenden geografischen Basisrisikos entsprechend geringer ist. Durch den Vergleich unterschiedlicher Preisstrategien lässt sich so der aus der Sicht des Anbieters optimale Derivatpreis auf die faire Prämie in einer bestimmten Region ermitteln.

Mit Blick auf die zukünftige Forschung hinsichtlich der betriebsindividuellen Nutzenanalyse von Risikomanagementinstrumenten im Allgemeinen und Wetterderivaten im Speziellen erscheinen insbesondere zwei Aspekte von zusätzlichem Interesse: Zum einen wäre es aus methodischer Sicht interessant zu prüfen, wie stark sich die Zahlungsbereitschaft der Landwirte für Risikomanagementinstrumente ändern würde, wenn im gesamtbetrieblichen Portfolioansatz anstelle der Varianz ein Downside-Risk-Maß in der Zielfunktion verwendet wird (vgl. auch BERG und SCHMITZ, 2007). Zum anderen wäre es aus Sicht der Landwirte interessant, gezielt zu untersuchen, wie sich unterschiedliche, realistischerweise in Frage kommende Absicherungsinstrumente (traditionelle Versicherungen, herkömmliche Diversifizierungsstrategien, Forwardkontrakte und Futures auf landwirtschaftliche Produkte, verschiedene Wetterderivate etc.) in einem optimalen Portfolio von Produktions- und Absicherungsaktivitäten auswirken würden. Oder pointiert formuliert: Es gälte im Rahmen eines Portfolioansatzes zu ermitteln, ob (und welche) „ineffektive(n)“ Absicherungsinstrumente ggf. ökonomisch effizienter sind als effektive.

Dies ist dann der Fall, wenn sie den Nachteil auf der Leistungsseite durch Vorteile auf der Kostenseite (d.h. geringere Transaktionskosten und damit Aufpreise) überkompensieren.

Literatur

- ALATON, P., B. DJEHICHE und D. STILLBERGER (2002): On Modeling and Pricing Weather Derivatives. In: *Applied Mathematical Finance* 9 (1): 1-20.
- BERG, E. (2002): Das System der Ernte- und Einkommensversicherungen in den USA - Ein Modell für Europa? In: *Berichte über Landwirtschaft* 80 (1): 94-133.
- BERG, E. und B. SCHMITZ (2007): Weather Based Instruments in the Context of Whole Farm Risk Management. Paper presented at the 101st European Association of Agricultural Economists (EAAE) Seminar, Berlin.
- BERG, E., B. SCHMITZ, M. STARP und H. TRENKEL (2005): Wetterderivate: Ein Instrument im Risikomanagement für die Landwirtschaft? In: *Agrarwirtschaft* 54 (2): 158-170.
- BLACK, F. und M. SCHOLES (1973): The Pricing of Options and Corporate Liabilities. In: *Journal of Political Economy* 81 (3): 637-659.
- BOX, G.E.P. und G.M. JENKINS (1976): *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. Holden-Day, San Francisco.
- BMELV (2001): Prüfung von Mehrgefahrenversicherungen. Bericht des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.
- CAO, M. und J. WEI (1999): Pricing Weather Derivative: An Equilibrium Approach. Working Paper. Queen's University Kingston, Ontario.
- DISCHEL, B. (1998): Black-Scholes Won't Do. In: *Risk* (October Edition): 8-9.
- GOLDEN, L.L., M. WANG und C. YANG (2007): Handling Weather Related Risks through the Financial Markets: Considerations of Credit Risk, Basis Risk, and Hedging. In: *Journal of Risk and Insurance* 74 (2): 319-346.
- JEWSON, S. und A. BRIX (2005): *Weather Derivative Valuation: The Meteorological, Statistical, Financial and Mathematical Foundations*. Cambridge University Press, Cambridge.
- MERTON, R.C. (1973): Theory of Rational Option Pricing. In: *Bell Journal of Economics and Management Science* 4 (1): 141-183.
- MUBHOFF, O. und N. HIRSCHAUER (2007): What benefits are to be derived from improved farm program planning approaches? - The role of time series models and stochastic optimization. In: *Agricultural Systems* 95 (1-3): 11-27.
- MUBHOFF, O., M. ODENING und W. XU (2007): Management von klimabedingten Risiken in der Landwirtschaft - Zum Anwendungspotenzial von Wetterderivaten. In: *Agrarwirtschaft und Agrarsoziologie* 01/2007: 27-48.
- ODENING, M., O. MUBHOFF und W. XU (2007): Analysis of Rainfall Derivatives Using Daily Precipitation Models: Opportunities and Pitfalls. In: *Agricultural Finance Review* 67 (1): 135-156.
- PINDYCK, R.S. und D.L. RUBINFELD (1998): *Econometric Models and Economic Forecasts*. McGraw-Hill, Singapore.
- RICHARDS, T.J., M.R. MANFREDO und D.R. SANDERS (2004): Pricing Weather Derivatives. In: *American Journal of Agricultural Economics* 86 (4): 1005-1017.
- SCHLIEPER, P. (1997): Reduktion des pflanzlichen Produktionsrisikos durch eine Ertragsausfallversicherung. In: *Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus (GeWiSoLa)*, Band 33: 219-232. Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup.

- STOPPA, A. und U. HESS (2003): Design and Use of Weather Derivatives in Agricultural Policies: the Case of Rainfall Index Insurance in Morocco. Paper presented at the International Conference: Agricultural Policy Reform and the WTO: Where are we Heading, Capri.
- TURVEY, C.G. (2002): Insuring Heat Related Risks in Agriculture with Degree-Day Weather Derivatives. Paper presented at the American Agricultural Economics Association (AAEA) Annual Conference, Long Beach, California.
- (2005): The Pricing of Degree-day Weather Options. In: Agricultural Finance Review 65 (1): 59-85.
- VEDENOV, D.V. und B.J. BARNETT (2004): Efficiency of Weather Derivatives as Primary Crop Insurance Instruments. In: Journal of Agricultural and Resource Economics 29 (3): 387-403.
- WEBER, R., T. KRAUS, O. MUBHOFF, M. ODENING und I. RUST (2008): Risikomanagement mit indexbasierten Wetterversicherungen - Bedarfsgerechte Ausgestaltung und Zahlungsbereitschaft. In: Schriftenreihe der Rentenbank, Band 23: 9-52. Frankfurt am Main.
- XU, W., M. ODENING und O. MUBHOFF (2007): Indifference Pricing of Weather Insurance. Paper presented at the 101st European Association of Agricultural Economists (EAAE) Seminar, Berlin.

Danksagung

Für hilfreiche Kommentare, Anregungen und Kritik danken wir Prof. Dr. Martin Odening, zwei anonymen Gutachtern und den Herausgebern der „Agrarwirtschaft“, insbesondere Frau Prof. Dr. Karin Holm-Müller.

Kontaktautor:

PROF. DR. OLIVER MUBHOFF

Georg-August-Universität Göttingen, Fakultät für Agrarwissenschaften,
Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung,

Arbeitsbereich Landwirtschaftliche Betriebslehre,

Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen

Tel.: 05 51-39 48 42, Fax: 05 51-39 20 30

E-Mail: oliver.musshoff@agr.uni-goettingen.de