



Zu welchem Preis können Versicherer „ineffektive“ Risikomanagementinstrumente anbieten?

– Zur Analyse der Effizienz von Wetterderivaten –

Dr. Norbert Hirschauer

Universität Halle-Wittenberg

und

Prof. Dr. Oliver Mußhoff

Universität Göttingen

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. Im vorliegenden Beitrag wird ein Risk-Programming Ansatz vorgestellt, mit dem die Zahlungsbereitschaft landwirtschaftlicher Unternehmen für Risikomanagementinstrumente im Allgemeinen und Wetterderivate im Speziellen bestimmt werden kann. Dabei wird sowohl das betriebspezifische Risikoreduzierungspotenzial des betrachteten Instruments als auch die individuelle Risikoakzeptanz des Entscheiders berücksichtigt. Die exemplarische Anwendung des Ansatzes auf ein Brandenburger Landwirtschaftsunternehmen 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 Versicherungen liegt. Angesichts der gegenüber schadensbezogenen Versicherungen deutlich geringeren Transaktionskosten deutet dies auf ein erhebliches Handelspotenzial für Wetterderivate hin.

Schlagwörter: Wetterderivate; Niederschlagsrisiko; Zahlungsbereitschaft; Portfoliooptimierung; Hedging des Mengenrisikos

Abstract

Since the mid-nineties, agro-economists discuss the relevance 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 objectively measured at a defined meteorological station. 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 relevant trading potential.

Key words: Weather derivatives; rainfall risk; willingness-to-pay; portfolio optimization, hedging of volumetric risk

Zu welchem Preis können Versicherer „ineffektive“ Risikomanagementinstrumente anbieten? – Zur Analyse der Effizienz von Wetterderivaten –

Dr. Norbert Hirschauer* und Prof. Dr. Oliver Mußhoff**

1. Einleitung	2
2. Nachfrageorientierte Bewertung von Wetterderivaten	7
2.1 Effektivität und Effizienz von Hedginginstrumenten	7
2.2 Das Modell zur betriebspezifischen Bewertung von Wetterderivaten	8
3. Annahmen und Datengrundlage	12
3.1 Spezifikation des betrachteten Wetterderivats	12
3.2 Erhebung und Auswertung der betrieblichen Daten.....	14
4. Ergebnisse	17
5. Schlussfolgerungen und Ausblick	23
6. Literatur	25

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 Einkommensschwankungen. Als neues

* Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg; Faculty of Natural Sciences III; Institute of Agricultural and Nutritional Sciences; Ludwig-Wucherer-Str. 2; D-06108 Halle (Saale); email: norbert.hirschauer@landw.uni-halle.de.

** Georg-August-Universität Göttingen; Faculty of Agricultural Sciences; Department for Agricultural Economics and Rural Development; Platz der Göttinger Sieben 5; D-37073 Göttingen; email: oliver.musshoff@agr.uni-goettingen.de

Hedginginstrument zur Verminderung von Mengenrisiken werden vermehrt *Wetterderivate* diskutiert.¹ 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 vereinbarten 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).²

Bei einer Ausgestaltung des Wetterderivats 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 Gesamtzahlungsbetrag 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 das vereinbarte *Strike-Level* unterschreitet. Bei Überschreitung des *Strike-Levels* ist die Zahlung dagegen Null.

Nach einer solchermaßen gedanklichen Ausgestaltung eines Wetterderivats 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 An-

¹ Vgl. z. B. Richards/Manfredo/Sanders 2004; Berg u. a. 2005; Turvey 2005; Odening/Mußhoff/Xu 2007.

² 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*“.

bieters die Preisuntergrenze des Derivats 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.³ 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.⁴

Im einfachsten Fall unterstellt man deshalb unter Bezug auf das Capital-Asset-Pricing-Modell pauschal, dass die Korrelation zwischen Wetterindizes und dem Kapitalmarktrisiko vernachlässigbar ist und dass Wetterderivate deshalb keinen Risikobeitrag zu einem optimal diversifizierten Portfolio liefern („Marktpreis“ für das Wetterrisiko gleich Null).⁵ Der Wert von Wetterderivaten ließe sich dann unabhängig von der Risikoeinstellung einfach als *faire Prämie* (actuarially fair price) bestimmen. Faire Prämie bedeutet, dass der Preis des Wetterderivats berechnet wird, indem der Erwartungswert der zukünftigen Zahlung mit dem risikolosen Zinssatz diskontiert wird. Andere Verfahren zur Approximation eines adäquaten Wetterderivatpreises versuchen, die Risikoprämien der Marktteilnehmer zu berücksichtigen.⁶ Xu, Odening und Mußhoff⁷ 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 das Unternehmen als Ganzes, sondern häufig nur einzelne Produktionsverfahren,

³ Vgl. z. B. Black/Scholes 1973; Merton 1973.

⁴ Vgl. auch Dischel 1998.

⁵ Vgl. z. B. Turvey 2002.

⁶ Vgl. z. B. Alaton/Djehiche/Stillberger 2002; Cao/Wei 1999.

⁷ Vgl. Xu/Odening/Mußhoff 2007.

oder/und sie sind 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 *betriebspezifischen Risikoreduzierungspotenzials* des Derivats).

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 *Risk-Programming Ansatzes* bestimmen kann. Damit knüpft der Beitrag an eine Forderung von Berg und Schmitz⁸ an, Wetterderivate im Rahmen eines gesamtbetrieblichen Portfolioansatzes zu analysieren. Es geht letztlich darum, ob und wie sich verschiedene Risikomanagementinstrumente - von der 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. Der Versuch, einzelne Risikomanagementinstrumente im Rahmen von Portfolioansätzen zu analysieren, bzw. die Substitutionsproblematik zwischen klassischen Schadensversicherungen und indexbasierten Versicherungen ist nicht landwirtschaftsspezifisch. Vielmehr wurden solche Fragen z. B. mit Blick auf Versicherungsunternehmen und die Frage „Rückversicherung vs. indexbasiertes Hedginginstrument“ auch in der allgemeinen versicherungsökonomischen Literatur intensiv diskutiert.⁹

Unseres Wissens wurde ein Risk-Programming Ansatz bislang noch nicht auf die Fragestellung nach der Bewertung von Wetterderivaten in der Landwirtschaft angewendet. In den Arbeiten von Schlieper und Berg¹⁰ kommt zwar ebenfalls ein Risk-Programming Ansatz zur Analyse von Risikomanagementinstrumenten zur Anwendung. Allerdings wer-

⁸ Berg/Schmitz 2007.

⁹ Vgl. z. B. Doherty/Richter 2002, Barrieu/El Karoui 2002, Brockett et al. 2006.

¹⁰ Schlieper 1997; Berg 2002.

den dort keine Wetterderivate analysiert, sondern fruchtartenspezifische Ertrags- bzw. Erlösausfallversicherungen. Gegenüber dem von Schlieper und Berg genutzten klassischen EV-Ansatz umgehen wir - Mußhoff und Hirschauer¹¹ folgend - die Schwierigkeit der expliziten Quantifizierung der Risikoaversion und greifen auf das Konzept der stochastischen Dominanz zurück.

Der hier 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) Vergleichen¹² 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 Risk-Programming Ansatz vorgestellt. In Abschnitt 3 werden das Design des analysierten Wetterderivats sowie der exemplarisch betrachtete Betrieb beschrieben. Anschließend werden die Ergebnisse dargestellt und diskutiert (Abschnitt 0). Dies bezieht sich sowohl auf die isolierte Bewertung des Wetterderivates als auch auf eine simultane Betrachtung der Hedginginstrumente Wetterderivat und Hoferlösversicherung. Der Beitrag endet mit Schlussfolgerungen und einem Ausblick (Abschnitt 0).

¹¹ Vgl. Mußhoff/Hirschauer 2007.

¹² Vgl. z. B. Berg u. a. 2005; Mußhoff/Odening/Xu 2007.

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 Bezugsgröße (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.¹³

Die Effektivität eines Wetterderivats als Hedginginstrument für einen Landwirt hängt von der Korrelation zwischen dem Wetterindex und dem landwirtschaftlichen Produktionserfolg ab. Verschiedene Wirkungsanalysen¹⁴ zeigen, dass das Rest- bzw. Basisrisiko von Wetterderivaten in der Landwirtschaft sehr hoch sein kann. So betrachten bspw. Berg u. a.¹⁵ ein explizit auf einen niedersächsischen Kartoffelproduzenten zugeschnittenes Wetterderivat und ermitteln eine Hedgingeffektivität von etwa 40%. Mußhoff, Odening und Xu¹⁶ 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 Barnett¹⁷ 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.

¹³ Vgl. z. B. Golden/Wang/Yang 2007; Mußhoff/Odening/Xu 2007. Die genannten Autoren zielen auf das prozentuale Streuungsreduzierungspotenzial eines kostenlos zur Verfügung stehenden Derivates ab. Berücksichtigt man im Gegensatz dazu positive Aufpreise bzw. Kosten für das Derivat, so ist auch die Effektivität verstanden als nicht monetär bewertete Fähigkeit zur prozentualen Varianzreduzierung bei konstantem Einkommensniveau bereits von den Kosten des Derivates abhängig.

¹⁴ Vgl. z. B. Stoppa/Hess 2003; Vedenov/Barnett 2004; Berg u. a. 2005; Mußhoff/Odening/Xu 2007.

¹⁵ Vgl. Berg u. a. 2005.

¹⁶ Vgl. Mußhoff/Odening/Xu 2007.

¹⁷ Vgl. Vedenov/Barnett 2004.

Zum anderen ist die geringe Wirksamkeit darauf zurückzuführen, dass sich von vornherein ein hohes Basisrisiko der Produktion ergibt, wenn man als Bezugsgröße einfache bzw. nicht mit dem Produktionserfolg abgestimmte Wetterindizes 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. 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 Kosten *und* die Leistungen 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 stochastischer Programmierungsansatz zur Bestimmung des optimalen Produktionsprogramms unter Risiko:

$$\underset{x_{t^*}^j}{\text{maximiere}} E(GDB_{t^*}) = \sum_{j=1}^J E(DB_{t^*}^j) \cdot x_{t^*}^j \quad (1)$$

unter den Nebenbedingungen:

$$\sum_{j=1}^J a_{t^*}^{i,j} \cdot x_{t^*}^j \leq b_{t^*}^i, \text{ für } i = 1, 2, \dots, I$$

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

$$x_{t^*}^j \geq 0$$

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.¹⁸

Nun wird das zu bewertende Wetterderivat bzw. der „Erwerb dieses Wetterderivats“ neben den „klassischen“ Produktionsaktivitäten in das Set der möglichen Aktivitäten des Optimierungsmodells aufgenommen.¹⁹ 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.²⁰ Bildlich gesprochen

¹⁸ Sofern möglich, wird im Folgenden auf den Zeitindex t verzichtet.

¹⁹ Wir betrachten im Maximierungsproblem den Kauf eines Wetterderivates formal als weitere Aktivität (mit einem negativen Deckungsbeitrag in Höhe des Aufpreises) im Set der möglichen Portfolioaktivitäten. Damit wird gleichzeitig über die Umfänge der konventionellen Produktionsverfahren und die Menge des Wetterderivates optimiert, d. h. (1) ist auch nach „Hinzukommen“ des Wetterderivates grundsätzlich gültig. Allerdings muss J nun als Anzahl der möglichen Aktivitäten *inklusive* des Wetterderivates verstanden werden. Setzt man dies voraus, so braucht man das Optimierungsproblem nicht erneut hinzuschreiben.

²⁰ Mit zunehmendem Derivatpreis nähert sich die Risikoeffizienzlinie mit Hedgingmöglichkeit der Risikoeffizienzlinie ohne Hedgingmöglichkeit an. Bei prohibitiv hohen Derivatpreisen fallen beide Risikoeffizienzlinien schließlich zusammen.

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 Hedging*möglichkeit* identisch. Es kann ja kein Wetterderivat erworben werden, ohne den maximalen Gesamtdeckungsbeitrag zu verringern. In Abbildung 1 ist dies durch Punkt C gekennzeichnet. Im (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.²¹

Je größer die Fläche zwischen der Effizienzlinie mit und ohne Hedgingmöglichkeit ist, desto höher ist die „Güte“ des Derivats 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) Korrelation zwischen dem Rückfluss des Derivats und dem Deckungsbeitrag der klassischen Produktionsverfahren, und zweitens vom Aufpreis des Derivats.

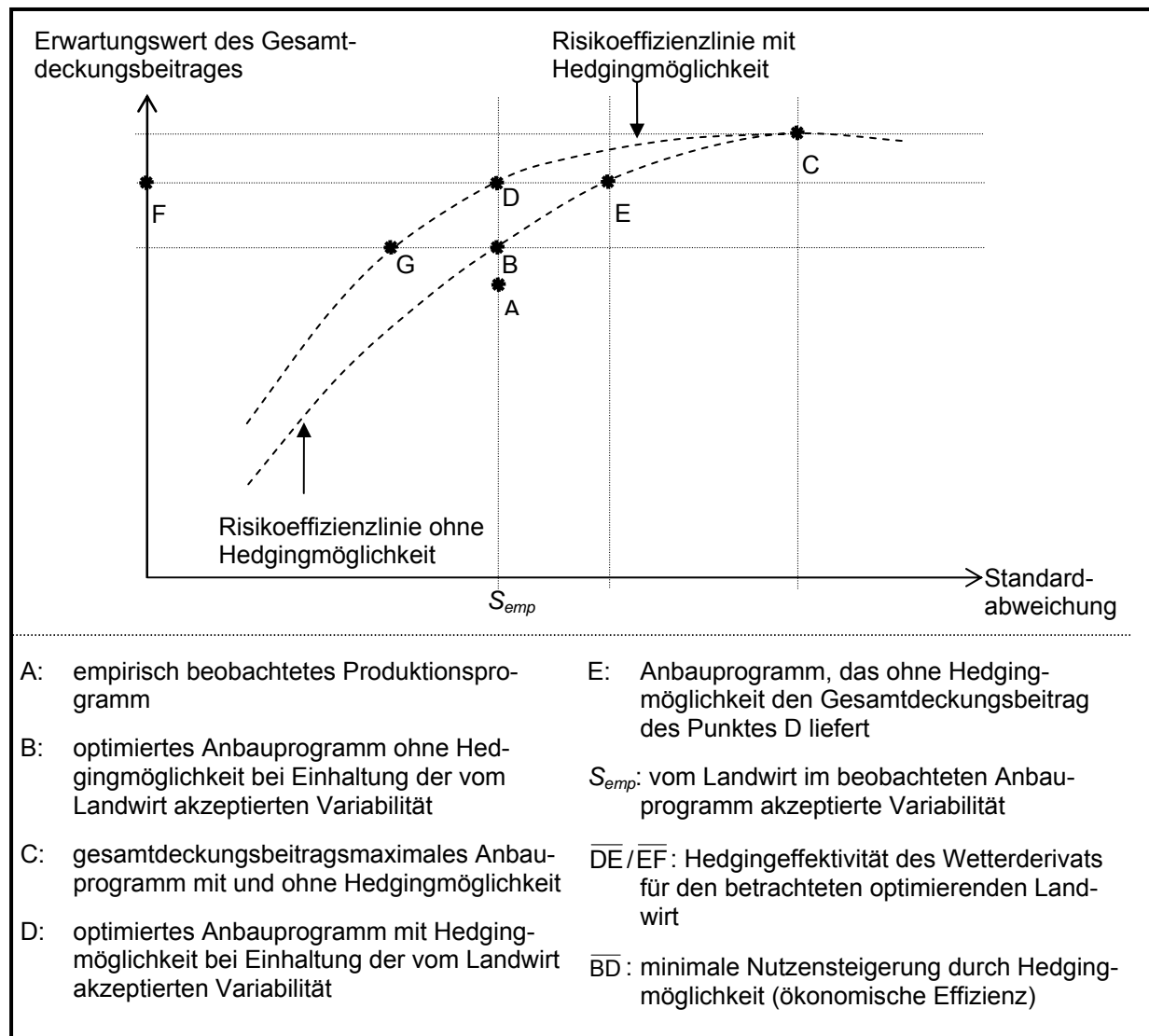
Der tatsächliche Nutzen des Hedginginstrumentes für den betrachteten Entscheidungsträger ergibt sich aber erst unter Berücksichtigung seiner individuellen Risikoeinstellung. Aufgrund der bekannten Probleme bei der empirischen Schätzung konsistenter Risikoeinstellungen schlagen Mußhoff und Hirschauer 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.“²² Letzteres bezieht sich auf die mit dem empirisch vom Landwirt gewählten Produktionsprogramm implizit zum Ausdruck

²¹ Dem Hinweis eines Gutachters aufnehmend weisen wir auf Folgendes hin: (i) Im unrealistischen Spezialfall eines Aufpreises von Null (und nur dann), ergibt sich auf der Mit-Derivat-Effizienzlinie links von Punkt C ein horizontaler Bereich (Punkte maximalen Gesamtdeckungsbeitrages), der durch dieselbe Produktionsstruktur, aber eine unterschiedliche Anzahl von Derivaten (und damit unterschiedliches Risiko) gekennzeichnet ist. (ii) Mit zunehmend positivem Aufpreis ergibt sich links von Punkt C ein zunehmendes Segment, auf dem die Mit-Derivat-Effizienzlinie und die Ohne-Derivat-Effizienzlinie zusammenfallen. Auf diesem Segment ist der Aufpreis des Derivates höher als die entsprechende Steigung der Ohne-Derivat-Effizienzlinie und es kommt bei gegebener Standardabweichung nicht zu einer Substitution des Hedginginstrumentes Diversifizierung durch das Hedginginstrument Wetterderivat.

²² Vgl. Mußhoff/Hirschauer 2007, S. 22.

gebrachte Risikoakzeptanz. Das in (1) dargestellte Optimierungsmodell nutzt diesen Ansatz für die Bewertung von Wetterderivaten.

Abbildung 1: Risikoeffizienzlinie mit und ohne Wetterderivat



In Abbildung 1 ist das empirische Produktionsprogramm eines begrenzt rational handelnden Landwirts 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 Wetterderivats bei konstant bleibendem Risiko gesteigert werden kann. Mit anderen Worten: Wir nehmen bewusst eine dynamische Perspektive ein und verstehen einerseits das Verhältnis \overline{DE} zu \overline{EF} als Hedgingeffektivität im Sinne der prozentualen Risikoreduzierung für dasjenige Produktionsprogramm, das ein rationaler optimierender Landwirt nach „Hinzukommen“ der neuen Hed-

gingmöglichkeit auswählt. Andererseits verstehen wir die Strecke \overline{BD} als Einkommenssteigerungspotenzial (ökonomische Effizienzsteigerung) bei konstanter Volatilität.

Der hier beschriebene Risk-Programming-Ansatz 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 Gesamtdeckungsbeitragsteigerungspotenzial, das sich bei gleicher Varianz ergibt, wenn das Wetterderivat als zusätzliche Aktivität in das Programm aufgenommen werden kann. Oder anders ausgedrückt: Da nur auf SSD zurückgegriffen wird, stellt die Strecke \overline{BD} den minimalen Zusatznutzen dar, den ein rational handelnder Landwirt durch den Einsatz des Wetterderivats realisieren kann. Zum anderen ergibt sich tendenziell eine Unterschätzung durch die Wahl eines EV-Ansatzes. 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 Hedginginstruments immer unplausibler. Wetterderivate, die als Option ausgestaltet sind, führen systematisch zu einer Stützung oder zumindest zu geringeren Wahrscheinlichkeiten im - bildlich gesprochen - linken Bereich der Verteilung. 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 Risk-Programming Modells unterschätzt wird.

Mit Blick auf Abbildung 1 lässt sich zusammenfassend festhalten, dass die *Fläche* zwischen den beiden betriebspezifischen 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 Wetterderivats

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 Nieder-

schlagsderivate anbietet. Konkret soll es sich dabei um eine europäische Put-Niederschlagsoption handeln, deren Auszahlung F_T wie folgt definiert ist:

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

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-Level festgelegt.

Die faire Prämie wird auf der Grundlage der versicherungsmathematischen Standardvorgehensweise²³, 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 wie es ihn kostet. Mit anderen Worten: Diversifiziert der Landwirt sein Produktionsprogramm durch den Erwerb eines Derivats, 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.

²³ Vgl. z. B. Jewson/Brix 2005, S. 135.

3.2. Erhebung und Auswertung der betrieblichen Daten

Um mit Hilfe des Risk-Programming Ansatzes 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 Wetterderivats“ 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 verschiedene Produktionsverfahren um. Außerdem können Saisonarbeitskraftstunden (SAkh) 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 2005.²⁴ 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. Im Ergebnis der statistischen Analysen ergeben sich für die Deckungsbeiträge der einzelnen klassischen Produktionsverfahren AutoRegressive-Prozesse erster Ordnung (AR(1)-Prozesse) mit normalverteilten Störtermen. Bei einem AR(1)-Prozess ergibt sich der zukünftige Wert für die Unsicherheitsvariable als Erwartungswert $E(DB_{t^*}^j)$ plus Störterm $\chi_{t^*}^j$, wobei der Erwartungswert selbst einer Konstanten α_0^j zzgl. dem vorhergehenden Beobachtungswert $DB_{t^*-1}^j$ in der Gewichtung α_1^j entspricht²⁵:

²⁴ Aufgrund des wendebedingten Strukturbruches Anfang der 1990er Jahre werden für den Zeitraum von 1980 bis 1992 anstelle betriebsindividueller Daten standortangepasste Hilfszeitreihen verwendet, die unter Rückgriff auf ZMP-Angaben und Daten der LDS Brandenburg (standortbezogene Erträge, westdeutsche Preise) erstellt wurden. Die Einzeldeckungsbeiträge von 1993 bis 2005 sind betriebsindividuell.

²⁵ Vgl. Pindyck/Rubinfeld 1998, S. 535.

$$\begin{aligned} DB_{t^*}^j &= E(DB_{t^*}^j) + \chi_{t^*}^j \\ &= \alpha_0^j + \alpha_1^j \cdot DB_{t^*-1}^j + \chi_{t^*}^j \end{aligned} \quad (3)$$

mit $|\alpha_1^j| < 1$

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

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 $E(DB)$	Umfang x^i	410	290	367	365	317	610	13	559	0*	75	-15	-15	-15	-15	
Flächenanspruch		1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	703
Arbeits- anspruch	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	900
	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	1 050
	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	1 350
	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	1 200
Fruchtfolge- restriktionen	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	0
	Weizen II	-0.85	-0.85	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.00	0.00	0	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	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	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	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	0
Standardabweichung		165	146	133	166	135	260	170	228	25	0					100 493
Korrelationsmatrix	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 Wetterderivats von Null ist als Platzhalter zu verstehen. Tatsächlich wird der Derivatpreis parametrisiert.

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 Korrelation zwischen den Deckungsbeiträgen der einzelnen pflanzlichen Produktionsverfahren (mit Ausnahme des Körnermais) deutlich positiv ist, während die Korrelation mit der „Versicherungszahlung“ des Wetterderivats negativ ausfällt.²⁶

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 des Produktionsprogramms der klassischen Produktionsverfahren“ kann durch den Einsatz von Wetterderivaten substituiert werden. In Tabelle 2 sind die diesbezüglichen Ergebnisse des Risk-Programming Modells dargestellt. Für systematisch variierte Standardabweichungen (Zeile 1 bis 9, Spalte 1)²⁷ sowie für unterschiedliche erwartete Deckungsbeiträge bzw. Aufpreise des Derivats $E(DB^D)$ sind die Erwartungswerte des Gesamtdeckungsbeitrags (Spalte 2 bis 6) und die Hedgingeffektivitäten (Spalten 7 bis 10) ausgewiesen.

²⁶ In dem vorliegenden Planungsansatz werden die fixe Faktorausstattung sowie die technologische Ausgestaltung und damit 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.

²⁷ Zur Erzeugung von vier gleichen Intervallen zwischen der empirisch akzeptierten und der gesamtdeckungsbeitragsmaximalen Standardabweichung wurde die Standardabweichung in Schritten von 1 883 € variiert.

In Zeile 5 der Tabelle 2 sind die Ergebnisse für eine Standardabweichung des Gesamtdeckungsbeitrags 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 Deckungsbeitragserhöhung 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).

Ein systematischer Zeilenvergleich in Tabelle 2 verdeutlicht, dass der betriebliche Zusatznutzen und die Hedgingeffektivität, die sich mit der Hedgingmöglichkeit Wetterderivat ergeben, mit zunehmendem Einsatz des „Produktionsfaktors“ Risiko bzw. zunehmender Risikoakzeptanz sinken (abnehmende Grenzerträge). Die Zeile 9 verdeutlicht, dass kein Wetterderivat erworben werden kann, ohne den maximalen Gesamtdeckungsbeitrag zu verringern, wenn das Derivat mit einem positiven Aufpreis angeboten wird. Spalte 3 und 7 beziehen sich auf den unrealistischen Sonderfall eines Aufpreises von Null. Hier könnte das gesamtdeckungsbeitragsmaximale Produktionsprogramm bereits bei einer Standardabweichung von 101 460 € erreicht werden. Dieser Punkt würde von einem prinzipiell risikoaversen Entscheider immer vorgezogen werden. Mit anderen Worten: Auch wenn der Entscheider zunächst eine höhere Standardabweichung als 101 460 € akzeptiert (vgl. Zeile 6 bis 9), ergäbe sich eine Hedgingeffektivität von $(108\,024 - 101\,460)/108\,024 = 6.1\%$. Allerdings würde sich diese Hedgingeffektivität nicht unmittelbar in einer Gesamtdeckungsbeitragssteigerung niederschlagen. Die Zeile 9 verdeutlicht den Sachverhalt am Extremfall: Bei einer akzeptierten Standardabweichung von 108 024 € bestünde trotz positiver Hedgingeffektivität gar kein Gesamtdeckungsbeitragssteigerungspotenzial durch die Hedgingmöglichkeit.

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

	1 Standardab- weichung (in €)	2 Erwartungswert des Gesamtdeckungsbeitrags (in €) bei unterschiedlichen Aufpreisen für das Wetterderivat**					3 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)	6.1***	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)	6.1***	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)	6.1***	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)	6.1***	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.

*** Der maximale Gesamtdeckungsbeitrag kann bereits bei einer Standardabweichung von 101 460 € erreicht werden, wenn das Wetterderivat zu einem Aufpreis von Null verfügbar ist.

Neben der Deckungsbeitragssteigerung, die sich unter Rückgriff auf SSD als Nutzenuntergrenze des Wetterderivats für den Landwirt ergibt, lässt sich mit dem Risk-Programming Modell 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 Kontrakt) zu maximieren. Unter der Annahme, dass fixe (Transaktions-)Kosten pro Vertragspartner anfallen, entspricht das Deckungsbeitragsmaximum dem Gewinnmaximum. In Tabelle 3 ist zunächst die Zahl der Wetterderivate dargestellt, die ein optimierender Landwirt bei einer akzeptierten Standardabweichung von $S_{emp} = 100\,493$ € 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 20) und übersteigen den Nutzen des Landwirts, so dass keine Nachfrage mehr generiert wird.

Tabelle 3: Auswirkungen des Wetterderivats 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
Deckungsbeitrag der Versicherung aus dem Verkauf des Wetterderivats (€)	0	2 185	3 162	3 190	2 941	2 075	965	0
Erhöhung des erwarteten GDB des Landwirts durch den Erwerb des Wetterderivats (€)	6 890	4 361	2 451	2 111	1 181	441	101	0
Minimaler Gesamtnutzen aus der Einführung des Wetterderivats (€)	6 890	6 546	5 613	5 301	4 122	2 516	1 066	0

* $S_{emp} = 100\,493$ €.

Der Deckungsbeitrag des Anbieters steigt mit zunehmendem Aufpreis des Derivats 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 € zzgl. 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%.²⁸ Da davon auszugehen ist, dass die Transaktionskosten für (standardisierte) Wetterderivate geringer als bei wirkungsbezogenen 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.

Die Zahlungsbereitschaft bzw. der optimale Aufpreis für Wetterderivate wurde unter der impliziten Prämisse abgeleitet, dass Wetterderivate die einzige (im Portfolioansatz steuerbare) Absicherungsmöglichkeit sind. Allerdings sind bereits insbesondere in den USA Ertragsausfall- und Erlösversicherungen verfügbar. Ertragsausfallversicherungen erlauben die Absicherung gegen unterschiedlichste wetterbedingte Mengenrisiken und werden deshalb vielfach auch als Mehrgefahrenversicherungen bezeichnet. Erlösversicherungen schließen zusätzlich das Preisrisiko ein. Beide Versicherungsprodukte sind im Unterschied zu (ursachenbezogenen) Wetterderivaten wirkungsbezogen, d. h. eine Versicherungsleistung erfolgt nach Nachweis des tatsächlichen Schadens.

Im Folgenden wird eine Hoferlösversicherung untersucht, die sich auf die Ergebnisse der Aktivität „Winterweizen“ bezieht. Sie sei so ausgestaltet, dass sie alle den historischen betrieblichen Durchschnittserlös für Winterweizen unterschreitenden Erlöse kompensiert. Dabei wird einerseits angenommen, dass ein Betrieb seine Weizenanbaufläche auch teilweise absichern kann.²⁹ Andererseits wird aber zur Begrenzung von Moral Hazard angenommen, dass der durchschnittlich im Betrieb auf der gesamten Weizenanbaufläche erzielte Erlös die Höhe der Versicherungsleistung bestimmt. Analog zur Vorgehensweise beim Wetterderivat (vgl. Tabelle 3) wird zunächst die Zahlungsbereitschaft untersucht, wenn die Hoferlösversicherung am Markt das einzige Absicherungsinstrument darstellen würde. In einer zweiten Stufe werden dann die Hoferlösversicherung und das Wetterderivat gleichzeitig in den Portfolioansatz aufgenommen. Dabei werden die aus der Sicht eines monopolistischen Anbieters optimalen Aufpreise für das Wetterderivat

²⁸ BMELV 2001, S 26; Weber u. a. 2007.

²⁹ Die Möglichkeit der teilweisen Absicherung der Anbauflächen gewährt dem Landwirt mehr Flexibilität beim Einsatz der Hoferlösversicherung und stellt das Instrument besser als bspw. in den USA gehandelte Hoferlösversicherungen, die ausschließlich die Absicherung der gesamten Anbaufläche für das jeweilige Produkt ermöglichen (vgl. z. B. Berg 2002).

berechnet, die sich bei unterschiedlichen Aufpreisen für die Hoferlösversicherung ergeben.

Tabelle 4: Optimaler Aufpreis aus der Sicht des Underwriters für Wetterderivat und Hoferlösversicherung*

	1	2	3	4
	isolierte Betrachtung		simultane Betrachtung	
Aufpreis der Hoferlösversicherung	–	optimiert	gegeben	gegeben
Aufpreis des Wetterderivats	optimiert	–	optimiert	optimiert
Hoferlösversicherung für Winterweizen (Faire Prämie: 78.80 €)				
Aufpreis (€ und % der fairen Prämie)		23.68 (30.1%)	15.76 (20.0%)	23.68 (30.1%)
Nachfrage des Landwirts (Stück)		148	54	32
Deckungsbeitrag der Versicherung aus dem Verkauf der Hoferlösversicherung (€)		3 481	854	760
Wetterderivat (Faire Prämie: 16.85 €)				
Aufpreis (€ und % der fairen Prämie)	4.45 (26.4%)		2.01 (11.9%)	2.85 (16.9%)
Nachfrage des Landwirts (Stück)	717		760	804
Deckungsbeitrag der Versicherung aus dem Verkauf des Wetterderivats (€)	3 190		1 528	2 291
Erhöhung des erwarteten GDB des Landwirts durch Erwerb marktbasierter Risikomanagementinstrumente (€)	2 111	2 161	4 569	3 578
Minimaler Gesamtnutzen aus der Einführung marktbasierter Risikomanagementinstrumente (€)	5 301	5 642	6 950	6 629

* $S_{emp} = 100\,493$ €.

In den Spalten 1 und 2 der Tabelle 4 ist die Nachfrage des Landwirts nach den unterschiedlichen Risikomanagementinstrumenten bei isolierter Betrachtung und beim aus der Sicht des Anbieters jeweils deckungsbeitragsmaximalen Aufpreis dargestellt. Es zeigt sich, dass - vor Berücksichtigung von Transaktionskosten - der Deckungsbeitrag des Anbieters bei der Hoferlösversicherung für Winterweizen um etwa 290 € höher ist als der des Wetterderivats. Allerdings fällt der vom Anbieter zu erzielende Deckungsbeitragsunterschied geringer aus als man vordergründig vielleicht erwarten könnte. Dies liegt daran, dass produktspezifische Erlösversicherungen bezogen auf das Risiko der landwirtschaftlichen Produktion insgesamt, das sich aus dem gesamtbetrieblichen Aktivitätenportfolio ergibt, eine deutlich geringe Wirksamkeit aufweisen als bezogen auf das einzelne Produkt. Außerdem ist zu erwarten, dass die Transaktionskosten bei der Hoferlösversiche-

rung (deutlich) höher sind als beim Wetterderivat. Zur vergleichenden Einschätzung der beiden Risikomanagementinstrumente seien deshalb folgende Überlegungen angestellt: In einer empirischen Expertenbefragung von Weber u. a.³⁰ beziffern Rückversicherungsunternehmen das Einsparpotential bei den Transaktionskosten für Wetterderivate im Vergleich zu klassischen Versicherungen auf etwa 50%. Auch wenn man nun lediglich von einem Transaktionskostenanteil für die hier betrachtete Hoferlösversicherung von 20% der fairen Prämie ausgeht - im betrachteten Beispielbetrieb also etwa 2 300 € - dann entspricht dies einem Transaktionskosteneinsparpotenzial beim Wetterderivat von 1 150 €. Damit wäre das standardisierte Wetterderivate der Hoferlösversicherung aus Sicht eines gewinnmaximierenden Anbieters deutlich überlegen. Offen bleibt natürlich die Frage der Marktdurchdringung von Wetterderivaten, weil Landwirte möglicherweise wegen mangelnder Vertrautheit Wetterderivate nicht einsetzen würden. Dies wäre ein klassischer Ansatzpunkt für Weiterbildung, Beratung und Marketing im Sinne einer fairen Produktinformation.

In den Spalten 3 und 4 der Tabelle 4 ist die Nachfrage des Landwirts nach den unterschiedlichen Risikomanagementinstrumenten bei simultaner Betrachtung dargestellt. Dabei variieren wir einen a priori vorgegebenen Aufpreis der Hoferlösversicherung für Winterweizen, um die Zahlungsbereitschaft für das Wetterderivat einzugrenzen. Der niedrige Aufpreis in Höhe von 20% wird als Untergrenze angesetzt, die angesichts der Moral-Hazard-Problematik wohl kaum zu unterschreiten ist. Der bei isolierter Betrachtung identifizierte (aus Sicht des Anbieters) optimale Aufpreis von 30.1% wird dagegen als Obergrenze genutzt. Der aus Sicht des Wetterderivatanbieters deckungsbeitragsmaximale Aufpreis für das Wetterderivat wird jeweils im Rahmen des Risk-Programming Ansatzes bestimmt. Die entsprechenden optimalen Aufpreise des Wetterderivates liegen bei 11.9% (vgl. Spalte 3) bzw. 16.9% (vgl. Spalte 4) der fairen Prämie. Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass die Zahlungsbereitschaft der Landwirte für Wetterderivate selbst dann noch beachtlich ist, wenn alternative Risikomanagementinstrumente verfügbar sind. Dies gilt zumindest dann, wenn diese alternativen Risikomanagementinstrumente nicht durch staatliche Subventionierung unterhalb kostendeckender Preise angeboten werden.

5. Schlussfolgerungen und Ausblick

In diesem Beitrag wird ein Risk-Programming Ansatz vorgeschlagen, mit dem die Zahlungsbereitschaft für Wetterderivate bestimmt werden kann, die ein rationaler landwirtschaftlicher Unternehmer theoretisch aufweisen müsste. Der Ansatz ermöglicht es, die

³⁰ Weber u. a. 2007.

Schwächen bislang vorgeschlagener Verfahren zur Bewertung von Wetterderivaten abzumildern: Es können die Risikoakzeptanz des Entscheiders, die Produktionsmöglichkeiten und Interdependenzen des landwirtschaftlichen Unternehmens als System sowie die dynamischen Anpassungsreaktionen des Unternehmens an die Verfügbarkeit eines Wetterderivats 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. Der Anbieter würde beim aus seiner Sicht optimalen Preis einen Umsatz von etwa 15 000 € erzielen. Bei der Interpretation dieses Ergebnisses ist zu beachten, dass der Derivatpreis selbst noch keine Information über die Kosten des Risikoabsicherungsinstrumentes „Wetterderivat“ liefert. Hierzu muss zusätzlich der Erwartungswert der „Versicherungsleistung“ berechnet werden. Allein der Aufpreis bestimmt die Kosten des Risikoabsicherungsinstrumentes. Die Höhe des in unserer Beispielstudie festgestellten optimalen Aufpreises von über 25% der fairen Prämie legt nahe, dass die vieldiskutierte Frage des adäquaten Diskontierungssatzes für die Frage der Markteinführung und Preisfestlegung aus Sicht eines innovativen Versicherers eine relativ unbedeutende Determinante darstellt. Die Frage wird dann bedeutsam, wenn durch einen zunehmenden Wettbewerb, der die Innovationsgewinne erodiert, den Landwirten zunehmend attraktivere und transparente Angebote gemacht werden müssen.

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 der betriebspezifischen Hedgingeffektivität des Wetterderivats. 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 durch Marketing bzw. 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

Wetterderivats 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 Derivataufpreis auf die faire Prämie in einer bestimmten Region ermitteln.

Aus methodischer Sicht wäre es 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.³¹ Aus Sicht der Landwirte wäre es interessant, ausführlicher zu untersuchen, wie man unterschiedliche Absicherungsinstrumente (traditionelle Versicherungen, herkömmliche Diversifizierungsstrategien, Forwardkontrakte und Futures auf landwirtschaftliche Produkte, verschiedene Wetterderivate etc.) in einem optimalen Portfolio von Produktions- und Absicherungsaktivitäten kombinieren sollte. Oder pointiert formuliert: Während der vorliegende Beitrag hauptsächlich der Frage nachging, ob der Einsatz eines „ineffektiven“ Wetterderivats effizient sein kann, gälte es zu ermitteln, ob (und welche) „ineffektive“ 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.

6. Literaturverzeichnis

Alaton, Peter, Boualem Djehiche und David Stillberger (Alaton/Djehiche/Stillberger 2002): On Modeling and Pricing Weather Derivatives, in: Applied Mathematical Finance 9(1), S. 1-20

Barrieu, Pauline und Nicole El Karoui (Barrieu/El Karoui 2002): Reinsuring Climatic Risk Using Optimally Designed Weather Bonds, in: The Geneva Papers on Risk and Insurance Theory 27(2), S. 87-113

Berg, Ernst (Berg 2002): Das System der Ernte- und Einkommensversicherungen in den USA - Ein Modell für Europa?, in: Berichte über Landwirtschaft 80(1), S 94-133

Berg, Ernst und Bernhard Schmitz (Berg/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

³¹ Vgl. auch Berg/Schmitz 2007.

Berg, Ernst, Bernhard Schmitz, Michael Starp und Hermann Trenkel (Berg u. a. 2005): Wetterderivate: Ein Instrument im Risikomanagement für die Landwirtschaft?, in: *Agrarwirtschaft* 54(2), S. 158-170

Black, Fischer und Myron Scholes (Black/Scholes 1973): The Pricing of Options and Corporate Liabilities, in: *Journal of Political Economy* 81(3), S. 637-659

BMELV (BMVEL 2001): Prüfung von Mehrgefahrenversicherungen, Bericht des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Brockett, Patrick L., Mulong Wang, Chuanhou Yang und Hong Zou (Brockett et al. 2006): Portfolio Effects and Valuation of Weather Derivatives, in: *The Financial Review* 41(1), S. 55-76

Cao, Melanie und Jason Wei (Cao/Wei 1999): Pricing Weather Derivative, An Equilibrium Approach, Working Paper, Queen's University Kingston, Ontario

Dischel, Bob (Dischel 1998): Black-Scholes Won't Do, in: *Risk* (October Edition), S. 8-9

Doherty, Neil A. und Andreas Richter (Doherty/Richter 2002): Moral Hazard, Basis Risk, and Gap Insurance, in: *Journal of Risk and Insurance* 69(1), S. 9-24

Golden, Linda L., Mulong Wang und Chuanhou Yang (Golden/Wang/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), S. 319-346

Jewson, Stephen und Anders Brix (Jewson/Brix 2005): Weather Derivative Valuation: The Meteorological, Statistical, Financial and Mathematical Foundations, Cambridge University Press, Cambridge

Merton, Robert C. (Merton 1973): Theory of Rational Option Pricing, in: *Bell Journal of Economics and Management Science* 4(1), S. 141-183

Mußhoff, Oliver und Norbert Hirschauer (Mußhoff/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), S. 11-27

Mußhoff, Oliver, Martin Odening und Wei Xu (Mußhoff/Odening/Xu 2007): Management von klimabedingten Risiken in der Landwirtschaft - Zum Anwendungspotenzial von Wetterderivaten, in: *Agrarwirtschaft und Agrarsoziologie* 01/2007, S. 27-48

Odening, Martin, Oliver Mußhoff und Wei Xu (Odening/Mußhoff/Xu 2007): Analysis of Rainfall Derivatives Using Daily Precipitation Models: Opportunities and Pitfalls, in: *Agricultural Finance Review* 67(1), S. 135-156

Pindyck, Robert S. und Daniel L. Rubinfeld (Pindyck/Rubinfeld 1998): *Econometric Models and Economic Forecasts*, McGraw-Hill, Singapore

Richards, Timothy J., Mark R. Manfredo und Dwight R. Sanders (Richards/Manfredo/Sanders 2004): Pricing Weather Derivatives, in: *American Journal of Agricultural Economics* 86(4), S. 1005-1017

Schlieper, P. (Schlieper 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, Andrea und Ulrich Hess (Stoppa/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, Calum G. (Turvey 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

Turvey, Calum G. (Turvey 2005): The Pricing of Degree-day Weather Options, in: Agricultural Finance Review 65(1), S. 59-85

Vedenov, Dmitry V. und Barry J. Barnett (Vedenov/Barnett 2004): Efficiency of Weather Derivatives as Primary Crop Insurance Instruments, in: Journal of Agricultural and Resource Economics 29(3), S. 387-403

Weber, Ron, Theresa Kraus, Oliver Mußhoff, Martin Odening und Insa Rust (Weber u. a. 2007): Risikomanagement mit indexbasierten Wetterversicherungen - Bedarfsgerechte Ausgestaltung und Zahlungsbereitschaft, in: Schriftenreihe der Rentenbank (im Druck)

Xu, Wei, Martin Odening und Oliver Mußhoff (Xu/Odening/Mußhoff 2007): Indifference Pricing of Weather Derivatives, in: American Journal of Agricultural Economics (im Druck)

Danksagung

Für hilfreiche Kommentare, Anregungen und Kritik danken wir zwei anonymen Gutachtern und den Herausgebern des „German Risk and Insurance Review“.