

# Das Risikoreduzierungspotenzial von Wetterindexversicherungen im Agribusiness – Die Bedeutung des Aggregationsniveaus von Ertragszeitreihen

## Risk Reduction Potential of Weather Index-based Insurance in Agribusiness – The Importance of the Aggregation Level of Yield Time Series

Niels Pelka und Oliver Mußhoff  
Georg-August-Universität Göttingen

### Zusammenfassung

Wetterindexversicherungen werden in der Landwirtschaft bisher nur verhalten eingesetzt. Als ein wesentlicher Grund hierfür werden Basisrisiken angesehen, die bei der Anwendung beim Landwirt verbleiben. Wetterindexversicherungen können allerdings auch für Unternehmen des Agribusiness interessant sein, die Erträge mehrerer landwirtschaftlicher Betriebe in sich aggregieren. Dieser Beitrag untersucht am Beispiel eines Zucker verarbeitenden Unternehmens die Bedeutung des Aggregationsniveaus von Ertragszeitreihen für das Risikoreduzierungspotenzial von Wetterindexversicherungen. Die Grundlage hierfür bilden die einzelbetrieblichen Zuckerertragszeitreihen von 40 Zuckerrüben produzierenden Betrieben sowie die aggregierte Zuckerertragszeitreihe aller rund 5 000 Zuckerrüben produzierenden Betriebe in Norddeutschland, die ihre Zuckerrüben an das betreffende Zucker verarbeitende Unternehmen liefern. Diese hoch aggregierte Zuckerertragszeitreihe beschreibt gleichzeitig das Mengenrisiko des Zucker verarbeitenden Unternehmens. Unsere Ergebnisse belegen empirisch, dass eine Hedgingeffektivität von Wetterindexversicherungen auf unterschiedlichen Aggregationsniveaus vorhanden ist und das infolge des Aggregierens der Zuckerertragszeitreihen das Basisrisiko bei der Anwendung von Wetterindexversicherungen geschmälert und das Risikoreduzierungspotenzial gesteigert wird. Wenn das Risikoreduzierungspotenzial von Wetterindexversicherungen aus Wirksamkeitsanalysen abgeleitet wird, die mit Ertragszeitreihen einzelner landwirtschaftlicher Betriebe arbeiten, kann es für Unternehmen des Agribusiness daher unterschätzt werden. Die hier behandelte Fragestellung ist sowohl für Unternehmen des Agribusiness als auch für potenzielle Anbieter von Wetterindexversicherungen relevant.

### Schlüsselwörter

Wetterindexversicherung; Hedgingeffektivität; Basisrisiko; Datenaggregation; Zuckerproduktion

### Abstract

Weather index-based insurance is not sufficiently used in agriculture as of yet. Basis risks are considered to be a major reason for this. By the use of weather index-based insurance, basis risks remain with the farmer. However, weather index-based insurance can be interesting for agribusiness companies, specifically those which aggregate yields of several farms amongst themselves. This paper investigates the importance of the aggregation level of yield time series for the hedging effectiveness of weather index-based insurance following the example of a sugar processing company. This investigation is based on empirical sugar beet yield data from 40 sugar beet producing farms in Northern Germany. Furthermore, we work with the aggregated sugar yield time series of roughly 5,000 farms, which account for sugar beets used in the sugar processing company in question. At the same time, this highly aggregated yield time series describes the quantity risk of the sugar processing company. Our results empirically show that in consequence of aggregating the sugar yield time series, basis risk is diminished and risk reduction potential is raised through the use of weather index-based insurance. The risk reduction potential of weather index-based insurance can, therefore, be underestimated if it is derived from studies pertaining to yield time series at the individual farm level. The focus of the present study may be relevant for agribusiness companies, as well as for potential providers of weather derivatives.

### Key Words

weather index-based insurance; hedging effectiveness; basis risk; data aggregation; sugar production

## 1 Einleitung

Im letzten Jahrzehnt haben Wetterindexversicherungen, die vielfach auch als Wetterderivate bezeichnet werden, als Instrument für das außerbetriebliche Management von Einkommensrisiken die Aufmerksamkeit der agrarökonomischen Forschung auf sich gezogen (VEDENOV und BARNETT, 2004; BERG et al., 2005; XU et al., 2008; NORTON et al., 2013). Wetterindexversicherungen zielen auf das mengenbedingte Einkommensrisiko ab. Damit stellen sie ein Komplement zu Preisabsicherungsinstrumenten dar (BERG et al., 2005). Die Rückflüsse aus Wetterindexversicherungen werden anhand objektiv messbarer Wettervariablen ermittelt, die den Index der Versicherung bilden. Dabei kann es sich z.B. um die Niederschlags- oder Temperatursumme in einer wachstumsrelevanten Periode handeln.

Wetterindexversicherungen sind nicht von adverser Selektion und Moral-Hazard betroffen (COBLE et al., 1997; GOODWIN, 2001; BERG et al., 2008). Dies ist ein entscheidender Vorteil gegenüber traditionellen, d.h. schadensbezogenen Versicherungsprodukten (z.B. Ertragsausfallversicherungen, Extremwetterversicherungen). Letztlich sind indexbasierte Versicherungsprodukte mit niedrigeren Transaktionskosten verbunden (BARRETT et al., 2007). Bisher werden Wetterindexversicherungen überwiegend von Unternehmen der Energie- und Tourismusbranche eingesetzt (SCHIRM, 2001; SCHÄFER, 2005; NORTON et al., 2013). In der Landwirtschaft ist trotz bedeutender wetterbedingter Einkommensschwankungen (VEDENOV und BARNETT, 2004; BERG et al., 2005) ein verhaltener Einsatz von Indexversicherungen zu beobachten (WEATHER RISK MANAGEMENT ASSOCIATION, 2014). Eine entscheidende Voraussetzung für die Akzeptanz einer Versicherung ist eine Einkommensstabilisierung durch deren Anwendung. Der Grad der Einkommensstabilisierung wird auch als Risikoreduzierungspotenzial oder Hedgingeffektivität bezeichnet. Die Anwendung von Wetterindexversicherungen ist insbesondere in der Landwirtschaft mit einem Basisrisiko verbunden (VEDENOV und BARNETT, 2004; BERG et al., 2005; WOODARD und GARCIA, 2007). Dieses Basisrisiko resultiert aus einer unvollständigen Korrelation von Wetterindex und Ertrag (TURVEY, 2001; VEDENOV und BARNETT, 2004; WOODARD und GARCIA, 2007). Zum einen ergibt sich eine nicht zu versichernde Differenz des Wettergeschehens am Ort der Produktion und an der Referenzwetterstation, die als geographisches Basisrisiko bezeichnet wird (DEUBEL, 2009). Zum anderen können neben der versicherungsrelev-

vanten Wettervariable noch weitere Einflüsse für Ertragsschwankungen verantwortlich sein (Basisrisiko der Produktion) (NORTON et al., 2013). Beispielsweise können einzelbetriebliche Ertragsschwankungen auftreten, die aus regional auftretenden Extremwetterereignissen, wie beispielsweise Hagelschlägen, resultieren.

Zur Untersuchung des Einsatzpotenzials von Wetterindexversicherungen liegt eine Reihe von Arbeiten vor. SKEES (2000), SCHIRM (2001), CAO und WEI (2003), SCHÄFER (2005) sowie HEIDORN und TRAUTMANN (2005) bewerten das Einsatzpotenzial von Wetterindexversicherungen für die Absicherung von Wetterrisiken im nicht-landwirtschaftlichen Bereich. DISCHEL (2001) untersucht das Risikoreduzierungspotenzial von Wetterindexversicherungen im kalifornischen Mandelanbau. VAN ASSELDONK (2003) analysiert die Hedgingeffektivität von Wetterindexversicherungen im niederländischen Ackerbau. Für unterschiedliche Früchte und Regionen der USA messen VEDENOV und BARNETT (2004) das Risikoreduzierungspotenzial von Wetterindexversicherungen. BERG et al. (2005) entwickeln eine Wetterindexversicherung mit Niederschlagsindex (Niederschlagssumme von Mai bis September) zur Mengenabsicherung im niedersächsischen Kartoffelanbau. Für den Winterweizenanbau in Norddeutschland quantifizieren XU et al. (2008) die Hedgingeffektivität von Wetterindexversicherungen mit Niederschlagsindex. NORTON et al. (2013) analysieren das mit der Anwendung von Wetterindexversicherungen verbundene Basisrisiko am Beispiel von temperatur- und niederschlagsbedingten Wetterrisiken an unterschiedlichen Orten der USA. Alle genannten Wirkungsanalysen im landwirtschaftlichen Bereich kommen zu dem Ergebnis, dass die Anwendung von Wetterindexversicherungen aufgrund des Basisrisikos nur zu einer vergleichsweise geringen Hedgingeffektivität führt.

Wetterindexversicherungen können allerdings nicht nur für landwirtschaftliche Betriebe interessant sein, sondern auch für Unternehmen des Agribusiness (MEUWISSEN et al., 2000; MEYER, 2002; RAIFFEISEN, 2003). Unternehmen des Agribusiness, die ihre Rohstoffe von einer Vielzahl von Landwirten beziehen, aggregieren die Erträge dieser landwirtschaftlichen Betriebe in sich. Dies ist beispielsweise bei Biogasanlagen, Kartoffelverarbeitern, Getreidehändlern, Getreidemühlen oder Zucker verarbeitenden Unternehmen der Fall. Welche Bedeutung das Aggregationsniveau von Ertragszeitreihen für das Risikoreduzierungspotenzial von Wetterindexversicherungen hat, ist unseres Wissens allerdings bislang nicht analysiert worden.

Durch das Aggregieren können Ertragsausreißer an Bedeutung verlieren, sodass sich Ertragsschwankungen der einzelnen Betriebe zu einem gewissen Maß gegenseitig ausgleichen. Dies führt zu einer Verminderung von Ertragsschwankungen auf aggregierter Ebene (RUDSTROM et al., 2002; FINGER, 2012), sodass die Korrelation zwischen der Ertragszeitreihe und dem Wetterindex zunehmen kann (WOODARD und GARCIA, 2007; DEUBEL, 2009). Weiterhin kann es möglich sein, dass sich die nicht zu versichernde Differenz des Wettergeschehens am Ort der Produktion und an der Referenzwetterstation (geographisches Basisrisiko) verringert, da sich die unterschiedlichen Ausprägungen des Wettergeschehens auf aggregierter Ebene gegenseitig ausgleichen können. Wie zahlreiche Beispiele aus der vorliegenden Literatur zeigen, wirkt sich eine höhere Korrelation zwischen dem Wetterindex und dem Ertrag positiv auf das Risikoreduzierungspotenzial von Wetterindexversicherungen aus (MIRANDA, 1991; SMITH et al., 1994; TURVEY, 2001; VAN ASSELDONK, 2003; VEDENOV und BARNETT, 2004; WOODARD und GARCIA, 2007; BREUSTEDT et al., 2008; NORTON et al., 2013).

Vor diesem Hintergrund geht der vorliegende Beitrag der Forschungsfrage nach, ob mit steigendem Aggregationsniveau von Ertragszeitreihen das Risikoreduzierungspotenzial von Wetterindexversicherungen ansteigt. Dies würde bedeuten, dass Wirkungsanalysen die mit disaggregierten Ertragszeitreihen einzelner landwirtschaftlicher Betriebe arbeiten, das Risikoreduzierungspotenzial von Wetterindexversicherungen für Unternehmen des Agribusiness unterschätzen. Im vorliegenden Beitrag wird daher das Risikoreduzierungspotenzial auf disaggregierter und auf aggregierter Ebene untersucht und verglichen. Die Analyse soll am Beispiel eines Zucker verarbeitenden Unternehmens durchgeführt werden. Die Grundlage hierfür bilden die Zuckerertragszeitreihen von 40 Zuckerrüben produzierenden Betrieben sowie die aggregierte Zuckerertragszeitreihe aller rund 5 000 Zuckerrüben produzierenden Betriebe in Norddeutschland, die ihre Zuckerrüben an das betreffende Zucker verarbeitende Unternehmen liefern. Unseres Wissens ist dies der erste Beitrag, der auf der Grundlage von empirischen, einzelbetrieblichen Daten die Bedeutung des Aggregationsniveaus von Ertragszeitreihen für das Risikoreduzierungspotenzial von Wetterindexversicherungen im Allgemeinen und am Beispiel der Zucker(rüben)produktion im Speziellen untersucht.

Dieser Beitrag ist wie folgt aufgebaut: Im zweiten Abschnitt erläutern wir unsere Annahmen und die verwendete Datengrundlage. Im dritten Abschnitt

beschreiben wir die methodische Vorgehensweise. Im vierten Abschnitt diskutieren wir die Ergebnisse, bevor wir in Abschnitt fünf Schlussfolgerungen ziehen.

## 2 Annahmen und Datengrundlage

### 2.1 Annahmen

Im vorliegenden Beitrag analysieren wir am Beispiel eines Zucker verarbeitenden Unternehmens, ob mit steigendem Aggregationsniveau von Ertragszeitreihen das Risikoreduzierungspotenzial von Wetterindexversicherungen ansteigt. Um das Risikoreduzierungspotenzial von Wetterindexversicherungen zu beurteilen, muss zunächst eine konkrete Erfolgsgröße bestimmt werden, mit der der Unternehmenserfolg gemessen wird. Wir ermitteln die Hedgingeffektivität aus der relativen Änderung der Standardabweichung der Erlöse aus der Zuckerproduktion mit Versicherung gegenüber der Standardabweichung der Erlöse ohne Versicherung. Um das Risikoreduzierungspotenzial zutreffend anhand der Erlöse messen zu können, werden nachfolgende Annahmen getroffen:

- Wir unterstellen, dass das Zucker verarbeitende Unternehmen nur Zucker produziert und über keine weiteren Betriebszweige oder anderweitige Unternehmensbeteiligungen verfügt.
- Wir nehmen an, dass die Produktionskosten in den Zuckerfabriken (insbesondere die Energiekosten) keinen Schwankungen aufgrund volatiler Betriebsmittelpreise unterliegen, da das Zuckerunternehmen auch in diesem Bereich Maßnahmen zur Preisabsicherung ergreift.
- Wir unterstellen für den Verkaufspreis, dass der Verkaufspreis für Weißzucker durch einen Verkaufskontakt abgesichert ist und 404,4 €/t<sup>1</sup> beträgt. Dies entspricht laut EU-Zuckermarktordnung dem derzeitigen Mindestpreis für Quotenzucker, sodass die Akteure am EU-Zuckermarkt gegen Preisausschläge des Weltmarktpreises nach unten (derzeit noch) politisch abgesichert sind (NOLTE und GRETHE, 2012). Nachdem sich das Preisniveau für Weißzucker in den vorangegangenen Jahren zwischen 300 €/t und 400 €/t befand, hat ein volatiler werdender Weltzuckermarkt in den vergangenen zwei Jahren (auch in Europa) zu erheblichen Preisausschlägen nach oben auf bis zu 800 €/t ge-

<sup>1</sup> Variantenrechnungen mit unterschiedlichen Zuckerpreisen haben gezeigt, dass die Höhe des abgesicherten Preisniveaus keinen signifikanten Einfluss auf Hedgingeffektivität von Wetterindexversicherungen hat.



führt (NOLTE und GRETHE, 2012). Derzeit haben sich die Preise auf einem Niveau von rund 400 bis 450 €/t eingependelt. Der Einsatz von Preisabsicherungsinstrumenten seitens der europäischen Zucker verarbeitenden Unternehmen auf der Angebotsseite und der Lebensmittelindustrie auf der Nachfrageseite ist schon jetzt gängige Praxis (NOLTE und GRETHE, 2012). Es ist zu vermuten, dass Preisabsicherungsinstrumente nach dem Auslaufen der derzeitigen Zuckermarktordnung am 30.09.2017 für die Zuckerbranche noch an Bedeutung gewinnen werden und daher die Einführung einer Warenterminbörse für Weißzucker als sinnvoll erachtet werden kann (BMEL, 2014).

- Wir treffen die Annahme, dass das Zuckerunternehmen für Zuckerübermengen die Möglichkeit des Zucker-Vortrages auf das nachfolgende Jahr nutzt. Übersteigt die produzierte Zuckermenge eines Zuckerunternehmens in einem Jahr dessen Quotenmenge, bietet die Zuckermarktordnung die Möglichkeit, Übermengen in das nachfolgende Jahr zu übertragen und den Anbau von Zuckerrüben im Folgejahr entsprechend zu reduzieren. Die Lagerkosten für den Zucker werden dabei auf den Rübenanbauer umgelegt, sodass der Zuckervortrag auf das Folgejahr für das Zuckerunternehmen kostenneutral erfolgt. Es müssen daher annahmegemäß keine Zuckerübermengen zu Weltmarktpreisen abgesetzt werden.
- Wir nehmen weiterhin an, dass das Zucker verarbeitende Unternehmen zum Zeitpunkt des Erwerbes einer Wetterindexversicherungen den Umfang des Zuckerrübenanbaus „seiner Landwirte“ kennt und darüber hinaus keine Zuckerrüben zur Verarbeitung von außerhalb, also von anderen Zucker verarbeitenden Unternehmen oder Landwirten hinzugekauft. Die dem Unternehmen zur Verarbeitung zur Verfügung stehende Rohstoffmenge an Zuckerrüben hängt somit vom Ertrag „seiner“ Zuckerrüben produzierenden landwirtschaftlichen Betriebe ab. Die Zuckerertragszeitreihe aller Zuckerrüben produzierenden Betriebe in Norddeutschland, die ihre Zuckerrüben an das betreffende Zucker verarbeitende Unternehmen liefern, spiegelt folglich das Mengenrisiko des Zucker verarbeitenden Unternehmens wider. Wir sprechen daher im Folgenden auch von der Zuckerertragszeitreihe des Zucker verarbeitenden Unternehmens. Diese Annahme ist mit der Praxis gegenwärtig aufgrund der EU-Zuckermarktordnung auch übereinstimmend (WVZ, 2014). Jedes Zuckerunternehmen verfügt über eine Zuckerquotenmenge, die wieder-

rum auf die Anbauer des Unternehmens verteilt ist. Die Branchenvereinbarung regelt dabei alle wesentlichen Bedingungen für den Kauf von Zuckerrüben zwischen Zuckerunternehmen und Zuckerrübenanbauer einschließlich der Lieferverträge (WVZ, 2014). Der Rübenanbauer unterliegt einer Lieferverpflichtung der von ihm angebauten Zuckerrüben an „sein“ Zuckerunternehmen. Umgekehrt besteht für die Zuckerunternehmen nicht die Möglichkeit, Zuckerrüben von Landwirten ohne Quotenlieferrechte ihres Unternehmens aufzukaufen.<sup>2</sup>

Ein Einkommensrisiko für das Zucker verarbeitende Unternehmen ergibt sich unter den getroffenen Annahmen folglich nur aus den Schwankungen der Zuckererträge auf den landwirtschaftlichen Betrieben, die es beliefern. In einem ersten Schritt untersuchen wir das Risikoreduzierungs-potenzial von Wetterindexversicherungen auf disaggregierter Ebene. Dafür nehmen wir an, dass das von uns betrachtete Zucker verarbeitende Unternehmen jeweils von nur einem einzigen landwirtschaftlichen Betrieb beliefert wird. Die Zuckerertragszeitreihe des jeweilig betrachteten landwirtschaftlichen Betriebes stellt daher auf der disaggregierten Ebene gleichzeitig die Zuckerertragszeitreihe für das Zucker verarbeitende Unternehmen dar, dessen Einkommensrisiko reduziert werden soll.

In einem zweiten Schritt führen wir die Analyse auf aggregierter Ebene durch. Dafür aggregieren wir die Erträge der 40 von uns betrachteten landwirtschaftlichen Betriebe sukzessive. Den Grad der Aggregation von Ertragszeitreihen definieren wir als Aggregationsniveau. Eine Ertragszeitreihe mit einem Aggregationsniveau von beispielsweise  $n=5$  aggregiert in sich die Ertragszeitreihen von fünf Zuckerrüben produzierenden

<sup>2</sup> Für die Zeit nach dem Auslaufen der Zuckerrübenquote zum 30.09.2017 sieht die reformierte Zuckermarktordnung auch weiterhin eine verpflichtende Branchenvereinbarung zwischen Zuckerunternehmen und Rübenanbauern vor, die u.a. langfristige Anbauverträge beinhalten werden (BMEL, 2014). Folglich wird auch in Zukunft der Anbau von Zuckerrüben im Vorfeld vertraglich geregelt sein, sodass ein freier Handel von Zuckerrüben – wenn überhaupt – nur sehr eingeschränkt erfolgen wird. Der freie Handel von Zuckerrüben wird darüber hinaus schon durch deren geringe Transportwürdigkeit begrenzt. In Deutschland grenzen sich die Zucker verarbeitenden Unternehmen geographisch voneinander ab. Der Verkauf von Zuckerrüben beispielsweise aus der Hildesheimer Börde zur Verarbeitung nach Süddeutschland erscheint aufgrund hoher Transportkosten als unrealistisch. Die Zuckerunternehmen werden daher auch in der Zukunft in der Lage sein, ihre Produktionsmengen zu planen.

den landwirtschaftlichen Einzelbetrieben. Die Reihenfolge, in der die Betriebe aggregiert werden, ist randomisiert. Auf aggregierter Ebene stellt dann die aggregierte Zuckerertragszeitreihe mit einem Aggregationsniveau zwischen  $n=2$  und  $n=40$  die Zuckerertragszeitreihe des Zucker verarbeitenden Unternehmens dar. Zusätzlich betrachten wir die tatsächliche Ertragszeitreihe des Zucker verarbeitenden Unternehmens, die ein Aggregat aus den Zuckererträgen von annähernd 5 000 landwirtschaftlichen Einzelbetrieben ( $n \sim 5\,000$ ) ist.

Wir beschränken uns darauf, zu analysieren, wie stark Wetterindexversicherungen das Risiko in einem Unternehmen des Agribusiness reduzieren können. Die Frage nach der von Unternehmen zu Unternehmen unterschiedlichen Zahlungsbereitschaft für eine bestimmte Risikoreduzierung sowie den tatsächlichen Kosten (Aufpreisen) von Wetterindexversicherungen lassen wir hier gezielt außen vor. Wir unterstellen, dass die untersuchten Wetterindexversicherungen einkommensneutral zu beschaffen sind. Das heißt, der angenommene Kaufpreis der Versicherung entspricht genau der Zahlung, die das Zucker verarbeitende Unternehmen im Durchschnitt mehrerer Jahre als (Rück-)Zahlung zu erwarten hat (faire Prämie). Dieses Vorgehen findet sich in der Literatur unter anderem auch bei NELL (1990) und TURVEY (2001, 2005).

## 2.2 Datengrundlage

Die Grundlage unserer empirischen Analyse bilden die Zuckerertragszeitreihen von 40 real existierenden landwirtschaftlichen Betrieben über einen Zeitraum von 2001 bis 2012<sup>3</sup>, die uns von dem Zucker verarbeitenden Unternehmen „Nordzucker AG“ zur Verfügung gestellt wurden. Es handelt sich dabei um Zuckererträge je Hektar Zuckerrübenanbau. Außerdem arbeiten wir mit dem jährlichen Durchschnittszuckerertrag des Zucker verarbeitenden Unternehmens (in Deutschland) selbst, der sich aus dem Aggregieren der

Zuckererträge dieser 40 und ca. 5 000 weiterer landwirtschaftlicher Betriebe aus Norddeutschland ergibt.<sup>4</sup>

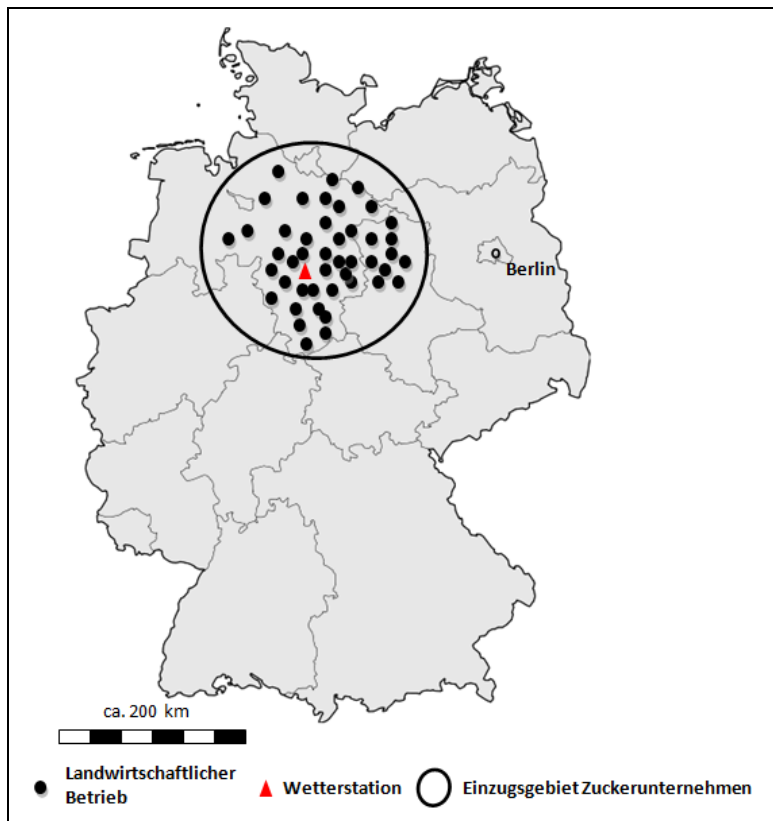
Die von uns betrachteten 40 Betriebe wurden zufällig dem SAP-System des Zucker verarbeitenden Unternehmens entnommen. Es bestand lediglich die Bedingung, dass jeweils zehn ausgewählte Betriebe mindestens vier unterschiedlichen Zuckerfabriken des Zuckerunternehmens zugeordnet werden können, sodass eine gewisse geographische Variabilität der Betriebe im Datensatz enthalten ist. Die untersuchten landwirtschaftlichen Betriebe liegen in den Bundesländern Niedersachsen und Sachsen-Anhalt (vgl. Abbildung 1). Das Zucker verarbeitende Unternehmen wird darüber hinaus auch noch von (einigen wenigen) landwirtschaftlichen Betrieben aus Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern beliefert. Die durchschnittliche Größe der landwirtschaftlichen Betriebe in dem von uns untersuchten Gebiet beträgt circa 60 ha. Etwa 15 % des kulturfähigen Ackerlandes werden mit Zuckerrüben bestellt. Die Zuckerrüben produzierenden Betriebe befinden sich in einem 150-km-Radius um Hannover, sodass unterschiedliche Produktionsbedingungen berücksichtigt werden. Mit Betrieben, die auf den sandigen Böden im Norden von Niedersachsen und Sachsen-Anhalt wirtschaften, und Betrieben aus der Hildesheimer und Magdeburger Börde ist eine große Bandbreite an Bodenqualitäten zwischen 18 und 100 Bodenpunkten vertreten. Auf den sandigen Böden im nördlichen Niedersachsen wird zur Ertragsabsicherung und -steigerung künstliche Beregnung im Zuckerrübenanbau eingesetzt. Die Lage der Fabriken und der Verwaltung des Zucker verarbeitenden Unternehmens spielt in unserer Analyse keine Rolle, da die für das Mengenrisiko entscheidende Zucker(rüben)produktion auf den landwirtschaftlichen Betrieben stattfindet.

Es werden Wetterdaten der Wetterstation in Hannover genutzt, die vom Deutschen Wetterdienst (DWD) zur Verfügung gestellt wurden. Hannover befindet sich annähernd in der Mitte des von uns untersuchten Gebietes. Es liegen jeweils Tagesniederschlags- und Tagestemperaturdaten über den Zeitraum von 2001 bis 2012 vor. Die Tagesdaten werden zu Monats- und Mehrmonatstemperatur- und -niederschlagssummen zusammengefasst. Beispielsweise wird zunächst die Temperatur- bzw. Niederschlagssumme für den Monat Januar, Februar etc. gebildet. Anschließend wer-

<sup>3</sup> In dem von uns betrachteten Analysezeitraum kam es vor allem durch die Reform der Zuckermarktordnung im Jahr 2006 zu wesentlichen Veränderungen. Der Referenzpreis für Weißzucker in der EU wurde schrittweise von 631,9 €/t auf 404,4 €/t abgesenkt. Da Wetterindexversicherungen allerdings in der Regel für die Periode eines Jahres abgeschlossen werden, kann die Ausgestaltung einer Wetterindexversicherung sowie die Anzahl der zu erwerbenden Kontrakte jährlich an sich ändernde Rahmenbedingungen angepasst werden.

<sup>4</sup> Der Korrelationskoeffizient zwischen der aggregierten Ertragszeitreihe unserer Stichprobe und der Ertragszeitreihe des Gesamtaggregates des Zuckerunternehmens beträgt 0,99.

**Abbildung 1. Lage der betrachteten Betriebe, der Referenzwetterstation und des Einzugsgebietes des Zucker verarbeitenden Unternehmens**



Quelle: eigene Darstellung

den die Monatstemperatur- bzw. Niederschlagssummen zu Mehrmonatstemperatur- bzw. Niederschlagssummen zusammengefasst. Es werden nur zusammenhängende Kumulationsperioden mit einer Länge von einem bis zu zwölf Monaten betrachtet. Zwar ist die Zuckerrübe in der Regel maximal 9 Monate im Boden, allerdings können bei langen Verarbeitungskampagnen bis in den Februar hinein auch Lagerverluste durch Frostschäden in der Feldmiete noch zu Ertragseinbußen führen. Außerdem ist z.B. die Bodenfeuchte auch von Niederschlägen in Perioden beeinflusst, in denen keine Zuckerrüben im Boden sind. Daher betrachten wir Kumulationsperioden von bis zu 12 Monaten.

Wir arbeiten mit trendbereinigten Ertragsdaten, d.h. wir korrigieren den Einfluss des technischen Fortschritts betriebsindividuell auf das Ertragsniveau des Jahres 2012. Eine Analyse des Zuckerertrages ohne Trendbereinigung zeigt, dass die 40 Zuckerrüben produzierenden Betriebe im Durchschnitt der betrachteten Jahre einen Zuckerertrag von 11,22 t/ha mit einer Standardabweichung von 0,95 bis 2,80 t/ha (Durchschnitt 1,73 t/ha) erzielt haben. Der jährliche Ertragszuwachs lag im Durchschnitt der Betriebe bei 0,33 t/ha.

Der jährliche Zuckerertrag des Zucker verarbeitenden Unternehmens ergibt sich aus dem Aggregieren der Zuckererträge von insgesamt circa 5 000 Zuckerrüben produzierenden Betrieben in Norddeutschland. Über den betrachteten Zeitablauf ergibt sich ohne Trendbereinigung ein Durchschnittsertrag von 10,44 t/ha bei einer Schwankungsbreite von 1,45 t/ha und einem durchschnittlichen jährlichen Ertragszuwachs von 0,26 t/ha. In den Wetterdaten konnten wir keinen signifikanten Trend identifizieren.

### 3 Methoden

Für die Wirkungsanalyse von Wetterindexversicherungen muss zunächst ein Wetterindex spezifiziert und der Zusammenhang zwischen Wetterindex und Ertrag geschätzt werden (Abschnitt 3.1). Ein möglichst hoher Zusammenhang zwischen Wetterindex und Ertrag ist die Voraussetzung für ein hohes Risikoreduzierungspotenzial von Wetterindexversicherungen. Anschließend werden Versicherungen konstruiert, die sich auf die gewählten Wetterindizes beziehen (Abschnitt 3.2). Es folgt die Bestimmung des Preises für die Wetterindexversicherung als sogenannte „faire Prämie“ (Abschnitt 3.3), bevor die Quantifizierung der Hedgingeffektivität beschrieben wird (Abschnitt 3.4).

#### 3.1 Spezifikation der Wetterindizes und Schätzung des Zusammenhangs zwischen Wetterindex und Ertrag

Vorliegende Veröffentlichungen zu Wetterindexversicherungen gehen bei der Spezifizierung der Wetterindizes unterschiedlich vor. Im Bereich der temperaturbasierten Wetterindizes finden häufig die sogenannten „Heating-Degree-Day-“ sowie die „Cooling-Degree-Day-Indizes“ Anwendung (SCHIRM, 2000; TURVEY, 2005). Für die Bildung niederschlagsbasierter Wetterindizes nutzen STOPPA und HESS (2003) sowie BERG et al. (2005) einen Kumulationsindex. VEDENOV und BARNETT (2004) nutzen für die temperaturbasierten Wetterindizes ebenfalls einen Kumulationsindex. Im vorliegenden Beitrag wird auf den Kumulationsindex zurückgegriffen, da zum einen die Anwendung sowohl für die Temperatur als auch für den Niederschlag problemlos möglich ist und zum anderen dieser Index einfach strukturiert und folglich am Markt gut

zu kommunizieren ist. Der Kumulationsindex  $I_t$  entspricht der Niederschlagssumme ( $I_t^R$ ) oder der Temperatursumme ( $I_t^T$ ) innerhalb einer bestimmten, ein- oder mehrmonatigen Kumulationsperiode  $x$  des Kalenderjahres  $t$ :

$$I_t^R = \sum_{d=1}^x R_d \quad (1)$$

$$I_t^T = \sum_{d=1}^x T_d \quad (2)$$

Dabei kennzeichnet  $R_d$  den Niederschlag und  $T_d$  die Temperatur am Tag  $d$ . Die gemessenen Niederschlags- oder Temperaturdaten werden aufsummiert über alle Tage der Kumulationsperiode  $x$ , die sich in dem betrachteten Kalenderjahr  $t$  ergeben.

Ein wesentliches Ertragsrisiko in der Zuckerrübenproduktion, in dem von uns analysierten Gebiet, besteht in einem zu kalten Frühjahr. Hohe Temperaturen sind eine entscheidende Voraussetzung für eine zügige Frühjahrsentwicklung von Zuckerrübenbeständen (KLUGE-SEVERIN, 2009). Die agronomische Bedeutung der Frühjahrstemperatur für die Entwicklung des Zuckerrübenbestandes wird bestätigt durch die Analyse des statistischen Zusammenhanges zwischen den Kumulationsperioden und den Zuckerertragszeitreihen der von uns betrachteten Betriebe. Für die Temperatur ergeben sich im Durchschnitt aller 41 uns zur Verfügung stehenden Zuckerertragszeitreihen (inkl. des Zucker verarbeitenden Unternehmens) die höchsten Korrelationen für unterschiedliche Kumulationsperioden zwischen März und Juni. Den höchsten mittleren Korrelationskoeffizienten ermitteln wir mit 0,56 für die Kumulationsperiode März-April. Eine entsprechende Wetterindexversicherung könnte die Ertragsverluste einer verspäteten Aussaat und damit einer verzögerten Frühjahrsentwicklung kompensieren. Für die relevante Kumulationsperiode ergibt sich über den betrachteten Zeitraum eine mittlere Temperatursumme an der Referenzwetterstation Hannover von 441 °C (Standardabweichung 75 °C).

Aus agronomischer Sicht ebenso ausschlaggebend ist für das Zuckerrübenwachstum die Wasserverfügbarkeit in den Sommermonaten (KLUGE-SEVERIN, 2009). Für die von uns betrachteten Betriebe ergibt sich die höchste positive Korrelation zwischen Niederschlagsindex und Zuckerertrag für die Kumulationsperiode Juni-August. Allerdings ist der Korrelationskoeffizient mit 0,24 viel geringer als bei der Temperatur. Dies lässt sich damit erklären, dass die meisten von uns betrachteten Betriebe Zuckerrüben entweder auf Böden mit einem sehr hohen Wasserspeichervermögen (Hildesheimer und Magdeburger Börde) oder mit Hilfe von künstlicher Beregnung (nördliches Niedersachsen) anbauen. Lediglich im Norden Sachsen-

Anhalts finden sich einige wenige Betriebe in unserem Datensatz, die Zuckerrüben ohne künstliche Beregnung auf leichten Böden anbauen. Für die relevante Kumulationsperiode ergibt sich über den betrachteten Zeitraum eine mittlere Niederschlagssumme an der Referenzwetterstation Hannover von 172 mm (Standardabweichung 92 mm).

Für die Art des Zusammenhangs zwischen dem Wetterindex und dem Zuckerertrag nehmen wir in Anlehnung an VEDENOV und BARNETT (2004) ein lineares Modell an:

$$Y_t = I_t + e_t \quad (3)$$

In Gleichung (3) entspricht  $Y_t$  dem (trendbereinigten) Zuckerertrag und  $I_t$  dem Wetterindex, wie er in den Gleichungen (1) und (2) beschrieben ist.  $e_t$  ist ein normalverteilter Störterm. In diesem Störterm kommt zum einen das Basisrisiko der Produktion zum Ausdruck, da im jeweiligen den Ertrag erklärenden Wetterindex nur bestimmte Wetterereignisse, in unserem Fall die Temperatursumme der Monate März und April bzw. die Niederschlagssumme der Monate Juni-August, abgebildet werden. Zum anderen spiegelt sich im Störterm das geografische Basisrisiko wider, da der jeweilige den Zuckerertrag erklärende Wetterindex an einer Wetterstation gemessen wird, die sich i.d.R. in einem gewissen geografischen Abstand zum Ort der Produktion befindet.

Zwar würde im Vergleich zu einem linearen Modell, die Annahme eines komplexeren Modelles den Zusammenhang zwischen Wetterindex und Ertrag, ggf. noch besser widerspiegeln. PELKA und MUBHOFF (2013) zeigen allerdings, dass beim gleichzeitigen Einsatz von Wetterindexversicherungen mit einfachen, standardisierten Indizes bestehend aus unterschiedlichen Wettervariablen das Risikoreduzierungspotenzial von Wetterindexversicherungen höher ausfällt als bei Wetterindexversicherungen mit komplexeren Indizes (z.B. Mischindizes). Darüber hinaus sollte es im Vergleich zu einfachen Indizes für komplexere Indizes deutlich schwerer sein, Gegenpositionen am Markt zu finden. Daher betrachten wir neben der einzelnen Verwendung von temperatur- und niederschlagsbasierten Wetterindexversicherungen auch den gleichzeitigen Einsatz von Wetterindexversicherungen mit einfachem Index aus Temperatur und Niederschlag, anstatt eines Mischindizes aus beiden Wettervariablen.

### 3.2 Konstruktion der Wetterindexversicherungen

Für den gewählten Wetterindex wird nun eine Versicherung in der Weise konstruiert, dass Einkommens-



schwankungen durch entsprechende Rückflüsse kompensiert werden können. Dies ist grundsätzlich mittels bedingter (z.B. Optionen) und unbedingter Termingeschäfte (z.B. Futures) möglich. Bei den Wetterindexversicherungen dominieren optionsartige Kontrakte (BERG et al., 2005). Deshalb betrachten wir im Folgenden die Absicherung mittels Optionen.

Der vorliegende Beitrag betrachtet die Absicherung gegen zu niedrige Frühjahrstemperaturen und/oder zu wenig Niederschlag während der Sommermonate. Dies ist mit Put-Optionen möglich. Eine Auszahlung  $A_t$  einer europäischen Put-Option erfolgt, wenn der Index  $I_t$  in dem betrachteten Kalenderjahr  $t$  unterhalb des Strike-Levels  $S$  liegt. Andernfalls ist die Auszahlung gleich null:

$$A_t^{put} = \max(S - I_t, 0) \quad (4)$$

Wir optimieren den Strike-Level  $S$  betriebsindividuell mit Hilfe des MS-Excel Solvers, sodass die Hedgingeffektivität maximiert wird. Bei ertragsmindernden Wetterereignissen liefert die Option tendenziell eine positive Auszahlung. Bei einem für die Zuckerertragsbildung günstigen Witterungsverlauf, also einem Indexwert oberhalb von  $S$ , ist die Auszahlung gleich null. Die Auszahlung jeder Option definieren wir in Höhe von 1 € je Indexpunkt, den der Index vom Strike-Level abweicht. Die Anzahl der zu erwerbenden Optionen wird ebenfalls mit Hilfe des MS-Excel Solvers optimiert.

### 3.3 Bestimmung des Preises für die Wetterindexversicherung

Es muss der Preis bestimmt werden, den das Unternehmen aufwenden muss, um das Einkommen aus der Zuckerproduktion durch den Einsatz einer Wetterindexversicherung abzusichern. Da für den Käufer einer Option die zukünftige Zahlung nicht negativ werden kann, ergibt sich ein positiver Erwartungswert des Rückflusses. Entspricht der Optionspreis genau diesem Erwartungswert (faire Prämie), würde die Versicherung dem Käufer gerade so viel kosten, wie sie ihm im Durchschnitt mehrerer Jahre bringt (NELL, 1990; TURVEY, 2001; TURVEY, 2005). Wir ermitteln den Preis der Versicherung als „faire Prämie“. Es werden also keine Transaktionskosten berücksichtigt und der Versicherungspreis als der mit dem Zinssatz  $r$  in Höhe von 5 % diskontierte Erwartungswert der Rückflüsse aus der Versicherung berechnet. Eine Berücksichtigung eines fixen Preisaufschlages für die Transaktionskosten hätte allerdings keinen Einfluss auf die Hedgingeffektivität von Wetterindexversiche-

rungen (NELL, 1990; TURVEY, 2005; MÜBHOFF und HIRSCHAUER, 2008).

Die Bestimmung der fairen Prämie kann grundsätzlich mittels analytischer Verfahren, historischer Simulation, Daily-Simulation oder stochastischer Simulation in Form der Index-Value-Simulation erfolgen. Analytische Verfahren erfordern sehr restriktive Annahmen z.B. bezüglich der Verteilung für die Basisvariable (ODENING et al., 2007). Bei der historischen Simulation wird der Optionspreis direkt aus der empirischen Zeitreihe für die Wetterdaten abgeleitet. Kurze Datenreihen können die theoretische Verteilung von Wetterindizes oftmals nicht ausreichend gut approximieren, sodass die bestimmten Optionspreise sehr ungenau sein können (ZENG, 2000). Die auf einem Modell für Tagesniederschläge basierende Daily-Simulation unterschätzt die Volatilität der Wettervariable und damit des Versicherungspreises systematisch (DUBROVSKY et al., 2004). Bei der Index-Value-Simulation sind die Annahmen weniger restriktiv. Außerdem wird bei der Index-Value-Simulation mit Hilfe der stochastischen Simulation die theoretische Verteilung von Wetterindizes deutlich besser approximiert, als bei der historischen Simulation (BRIX et al., 2002). Im vorliegenden Beitrag kommt daher die Index-Value-Simulation zur Anwendung.

Zunächst wird auf Grundlage der vorliegenden Beobachtungswerte die Verteilung für die Wetterindizes bestimmt. Mit Hilfe des Chi-Quadrat-, Kolmogorov-Smirnov- und Anderson-Darling-Tests wird geprüft, welche parametrische Verteilung den Wetterindex am besten abbildet. Die Normalverteilung stellt sowohl für den temperatur- als auch für den niederschlagsbasierten Wetterindex die beste Anpassung an die empirische Verteilung dar. Aus dieser Verteilung wird 10 000 Mal ein Wert für den Wetterindex generiert und der diskontierte Rückfluss der Option bestimmt. Der Mittelwert der Rückflüsse entspricht dem Optionspreis.

### 3.4 Beurteilung der Hedgingeffektivität

Unter Berücksichtigung der Korrelation der Variablen untereinander generieren wir mit Hilfe der stochastischen Simulation je 10 000 Werte für die Wetterindizes auf der einen Seite und die Zuckererträge auf disaggregierter und aggregierter Ebene auf der anderen Seite. Bei der stochastischen Simulation gehen wir genauso vor, wie bei der Bestimmung des Preises für die Wetterindexversicherung. Auch hier wird für jede Zeitreihe mit Hilfe des Chi-Quadrat-, Kolmogorov-Smirnov- und Anderson-Darling-Tests individuell ge-



prüft, welche parametrischen Verteilungen die Variablen am besten abbilden.

Durch die Multiplikation des Zuckerertrages  $Y_t$  mit dem annahmegemäß über einen Lieferkontrakt abgesicherten Zuckerpreis  $p = 404,4 \text{ €/t}$  ergibt sich der Erlös aus der Zuckerproduktion ohne Wetterindexversicherung. Um die Erlöse mit Wetterindexversicherung zu ermitteln, werden die Rückflüsse aus der Versicherung in Abhängigkeit des Wetterindizes bestimmt. Diese werden dann den Erlösen aus der Zuckerproduktion hinzugerechnet. Die Kosten für die Versicherung in Form der fairen Prämie  $E[A]$  werden abgezogen. Die Erlöse  $\pi_t$  je Hektar Zuckerproduktion werden in Anlehnung an MIRANDA (1991) für jeden Betrieb wie folgt bestimmt:

$$\pi_t = Y_t \cdot p + z \cdot A_t - z \cdot E[A] \quad (5)$$

$z$  ist die Anzahl an eingesetzten Versicherungskontrakten. Diese ermitteln wir in Anlehnung an JOHNSONS (1960) Hedging Modell (MIRANDA, 1991; SMITH et al., 1994; MAHUL und VERMERSCH, 2000; SKEES et al., 2001; BREUSTEDT et al., 2008), in dem die Anzahl von Versicherungskontrakten für jeden Betrieb so optimiert wird, dass die Hedgingeffektivität maximiert ist. Aus den simulierten Erlösen der Zuckerproduktion sowie Rückflüssen der Versicherung werden die Standardabweichungen der Erlöse „ohne Versicherung“ ( $z = 0$ ) und „mit Versicherung“ ermittelt. Die Hedgingeffektivität  $\Delta_t$  ergibt sich aus der relativen Änderung der Standardabweichung der Erlöse mit Versicherung gegenüber der Standardabweichung der Erlöse ohne Versicherung (GOLDEN et al., 2007):

$$\Delta_t = 1 - (\sigma[\pi_t] / \sigma[\pi_t, z = 0]) \quad (6)$$

In Gleichung (6) entspricht  $\sigma$  der Standardabweichung.

Neben der einzelnen Verwendung von temperatur- und niederschlagsbasierte Wetterindexversicherungen analysieren wir in Anlehnung an PELKA und MUBHOFF (2013) auch den gleichzeitigen Einsatz von Wetterindexversicherungen mit einfachem Index aus Temperatur und Niederschlag. Die individuelle Anzahl der Versicherungskontrakte wird auch hier für jeden Betrieb so gewählt, dass die Hedgingeffektivität maximiert ist.

## 4 Ergebnisse

Tabelle 1 zeigt die Hedgingeffektivität (relative Reduzierung der Standardabweichung) von niederschlags- und temperaturbasierten Wetterindexversicherungen auf disaggregierter und aggregierter Ebene. Die Be-

rechnungen erfolgen am Beispiel von 40 Zuckerrüben produzierenden Betrieben sowie des Zucker verarbeitenden Unternehmens selbst. Die Reihenfolge der Betriebe bei der Aggregation ist randomisiert.<sup>5</sup> Die zentral gelegene Referenzwetterstation ist in Hannover.

Die Spalten 1 bis 3 beinhalten die Hedgingeffektivität auf disaggregierter Ebene. Würde das Zucker verarbeitende Unternehmen nur vom Betrieb 1 mit Zuckerrüben beliefert werden, ergäbe sich eine Hedgingeffektivität von 13,04 % für temperaturbasierte bzw. von 2,07 % für niederschlagsbasierte Wetterindexversicherungen. Bei Betrieb 2 wären es 21,91 % bzw. 8,25 %, usw. Im Mittel der 40 Einzelbetriebe würde sich eine Hedgingeffektivität von 12,95 % bzw. 4,25 %, bei einer Spannbreite von 1,77 % (vgl. Betrieb 35) bzw. 0,13 % (vgl. Betrieb 4) bis zu 27,12 % (vgl. Betrieb 38) bzw. 14,96 % (vgl. Betrieb 35) ergeben. Bei gleichzeitigem Einsatz von Wetterindexversicherungen mit einfachem Index aus Temperatur und Niederschlag würde sich im Mittel der 40 Einzelbetriebe eine Hedgingeffektivität von 16,38 % bei einer Spannbreite von 2,69 % (vgl. Betrieb 9) bis zu 32,71 % (vgl. Betrieb 38) ergeben.

Die Spalten 4 bis 6 bilden die Hedgingeffektivität auf aggregierter Ebene ab. Würde das Zucker verarbeitende Unternehmen beispielsweise nur von den Betrieben 1 bis 20 beliefert werden, ergäbe sich bei der einzelnen Verwendung von temperatur- und niederschlagsbasierten Wetterindexversicherungen für diese ein Risikoreduzierungspotenzial von 18,19 % bzw. 4,53 % (vgl. Betrieb 20). Aggregiert man die Zuckerertragszeitreihen aller 40 von uns betrachteten Zuckerrüben produzierenden Betriebe, ergibt sich ein Risikoreduzierungspotenzial von 19,23 % bzw. 6,12 % (vgl. Betrieb 40). Bei gleichzeitigem Einsatz von Wetterindexversicherungen mit einfachem Index aus Temperatur und Niederschlag würde sich im Mittel der 40 Einzelbetriebe auf aggregierter Ebene eine Hedgingeffektivität von 21,05 % ergeben. Die durchschnittliche Hedgingeffektivität ist für alle Wetterindizes auf aggregierter Ebene laut t-Test signifikant höher als auf disaggregierter Ebene (p-Wert: Temperatur: <0,001; Niederschlag: 0,04; Temperatur & Niederschlag: <0,001).

<sup>5</sup> Variantenrechnungen haben gezeigt, dass eine Veränderung der Reihenfolge der Betriebe bei der Aggregation keinen signifikanten Einfluss auf die Höhe der Hedgingeffektivität von Wetterindexversicherungen hat.

**Tabelle 1 Hedgingeffektivität von Wetterindexversicherungen auf disaggregierter und aggregierter Ebene**

	Spalte 1	Spalte 2	Spalte 3	Spalte 4	Spalte 5	Spalte 6
Aggregierungsebene	disaggregierte Ebene			aggregierte Ebene		
Wetterindex <sup>a)</sup>	Temperatur	Niederschlag	Temperatur & Niederschlag <sup>c)</sup>	Temperatur	Niederschlag	Temperatur & Niederschlag <sup>c)</sup>
Zuckerunternehmen (n~5 000)	-	-	-	21,72 %	6,18 %	24,41 %
Durchschnitt (n=40)	12,95 %	4,25 %	16,38 %	19,56 %	5,24 %	21,05 %
Minimum	1,77 %	0,13 %	2,69 %	17,93 %	4,19 %	19,30 %
Maximum	27,12 %	14,96 %	32,71 %	21,55 %	6,15 %	24,35 %
$\sigma$	6,43 %	3,49 %	6,97 %	0,93 %	0,49 %	1,31 %
Betriebsnummer <sup>b)</sup>	1	13,04 %	2,07 %	13,68 %	-	-
	2	21,91 %	8,25 %	29,08 %	21,01 %	5,64 % <sup>d)</sup>
	3	7,17 %	3,06 %	10,11 %	18,71 %	4,70 %
	4	15,08 %	0,13 %	15,16 %	18,33 %	4,19 %
	5	11,99 %	4,61 %	16,59 %	17,96 %	5,15 %
	6	21,62 %	4,62 %	26,05 %	19,45 %	5,18 %
	7	26,58 %	1,32 %	26,60 %	21,04 %	5,11 %
	8	4,25 %	2,68 %	6,21 %	20,63 %	5,09 %
	9	2,54 %	1,20 %	2,69 %	20,07 %	4,77 %
	10	20,11 %	2,89 %	21,75 %	20,28 %	5,09 %
	11	17,41 %	2,86 %	18,06 %	20,80 %	4,79 %
	12	18,02 %	1,31 %	18,27 %	20,29 %	5,18 %
	13	14,93 %	1,09 %	14,99 %	21,42 %	5,15 %
	14	15,17 %	3,02 %	16,19 %	21,55 %	5,34 %
	15	17,51 %	1,16 %	17,54 %	20,43 %	5,01 %
	16	6,55 %	3,18 %	7,79 %	20,28 %	4,95 %
	17	12,36 %	4,79 %	16,65 %	19,67 %	4,92 %
	18	11,03 %	3,52 %	13,14 %	18,88 %	4,42 %
	19	5,37 %	2,91 %	6,51 %	19,44 %	4,43 %
	20	3,11 %	6,25 %	8,85 %	18,19 %	4,53 %
	21	17,62 %	1,47 %	18,18 %	19,65 %	5,03 %
	22	19,45 %	5,77 %	25,16 %	19,55 %	5,29 %
	23	8,89 %	0,83 %	10,44 %	18,79 %	5,22 %
	24	10,87 %	3,64 %	14,09 %	18,74 %	5,16 %
	25	14,90 %	1,84 %	15,80 %	19,12 %	5,11 %
	26	10,78 %	3,81 %	13,09 %	19,62 %	5,18 %
	27	14,02 %	6,95 %	20,90 %	20,60 %	4,89 %
	28	6,49 %	2,76 %	8,79 %	19,47 %	5,61 %
	29	13,23 %	11,60 %	24,59 %	19,21 %	5,71 %
	30	19,95 %	4,45 %	23,56 %	18,48 %	5,11 %
	31	18,20 %	10,28 %	27,75 %	17,93 %	5,64 %
	32	5,37 %	1,46 %	5,85 %	19,40 %	5,57 %
	33	13,08 %	8,53 %	20,74 %	18,99 %	5,39 %
	34	8,37 %	0,86 %	8,93 %	19,27 %	5,75 %
	35	1,77 %	14,96 %	16,52 %	18,85 %	5,59 %
	36	14,48 %	2,79 %	16,64 %	19,67 %	6,11 %
	37	10,01 %	6,64 %	16,56 %	19,89 %	6,15 %
	38	27,12 %	6,32 %	32,71 %	19,43 %	6,13 %
	39	2,96 %	12,86 %	14,75 %	18,43 %	6,01 %
	40	13,53 %	1,36 %	14,33 %	19,23 %	6,12 %

a) Temperatursumme der Kumulationsperiode März – April, Niederschlagssumme der Kumulationsperiode Juni – August, gemessen an der Referenzwetterstation Hannover.

b) Die Reihenfolge der Betriebe ist randomisiert.

c) Gleichzeitige Verfügbarkeit von Wetterindexversicherungen mit einfachem Temperatur- und Niederschlagsindex.

d) Aggregierte Zuckerertragszeitreihe der Betriebe eins und zwei, usw.

Quelle: eigene Darstellung

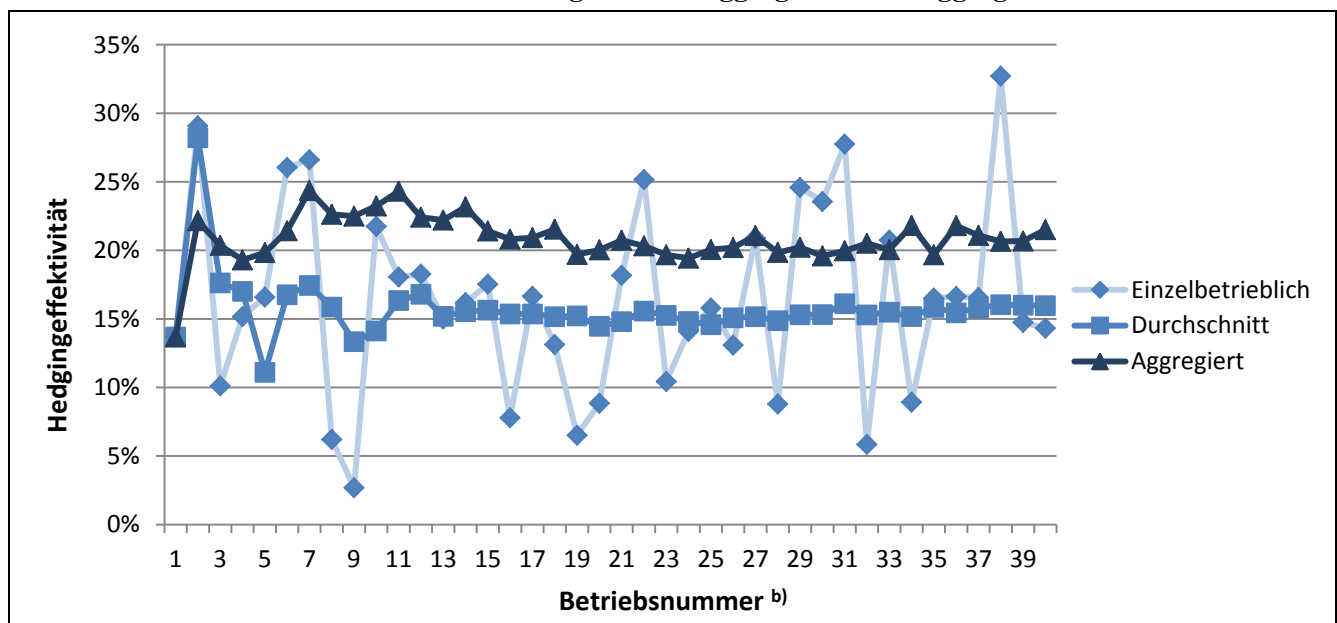
Für das Zucker verarbeitende Unternehmen ergibt sich mit allen circa 5 000 Zuckerrüben produzierenden Betrieben bei der einzelnen Verwendung von temperatur- und niederschlagsbasierten Wetterindexversicherungen ein Risikoreduzierungspotenzial von 21,72 % bzw. 6,18 %. Für den gleichzeitigen Einsatz von Wetterindexversicherungen mit einfachem Index aus Temperatur und Niederschlag ermitteln wir für das Zucker verarbeitende Unternehmen auf aggregierter Ebene eine Hedgingeffektivität von 24,41 %.

Damit können die Ergebnisse dieser Analyse unsere Forschungshypothese bestätigen, dass mit steigendem Aggregationsniveau von Ertragszeitreihen das Risikoreduzierungspotenzial von Wetterindexversicherungen ansteigt. Daher sollte der Einsatz von Wetterindexversicherungen in Unternehmen des Agribusiness, die die Erträge mehrerer landwirtschaftlicher Betriebe in sich aggregieren, im Mittel ein tendenziell höheres Risikoreduzierungspotenzial aufweisen als in vergleichsweise kleinen landwirtschaftlichen Einzelbetrieben. Abbildung 2 stellt das Risikoreduzierungspotenzial des gleichzeitigen Einsatzes von Wetterindexversicherungen mit einfachem Index aus Temperatur und Niederschlag auf disaggregierter und aggregierter Ebene graphisch gegenüber. Es wird deutlich, dass bereits ab einem einstelligen Aggregationsniveau von Ertragszeitreihen die Hedgingeffektivität von Wetterindexversicherungen im Mittel höher ist als bei disaggregierten Ertragszeitreihen.

## 5 Schlussfolgerungen

Wirkungsanalysen von Wetterindexversicherungen auf Grundlage disaggregierter Ertragszeitreihen zeigen ein vergleichsweise geringes durchschnittliches Risikoreduzierungspotenzial auf. Als ein wesentlicher Grund hierfür werden Basisrisiken angeführt, die bei der Anwendung von Wetterindexversicherungen in der Landwirtschaft beim Versicherungsnehmer verbleiben. Wetterindexversicherungen können allerdings auch für Unternehmen des Agribusiness interessant sein, die Erträge mehrerer landwirtschaftlicher Betriebe in sich aggregieren. Welche Auswirkung das Aggregieren von Ertragszeitreihen auf das Risikoreduzierungspotenzial von Wetterindexversicherungen hat, ist unseres Wissens allerdings noch nicht untersucht worden. Hier setzt der vorliegende Beitrag an. Am Beispiel eines Zucker verarbeitenden Unternehmens wird die Frage beantwortet, welche Bedeutung das Aggregieren von Ertragszeitreihen für das Risikoreduzierungspotenzial von Wetterindexversicherungen hat. Einzelbetriebliche Zuckerertragszeitreihen von 40 landwirtschaftlichen Betrieben sowie die aggregierte Zuckerertragszeitreihe aller rund 5 000 Zuckerrüben produzierenden Betriebe in Norddeutschland, die ihre Zuckerrüben an das betreffende Zucker verarbeitende Unternehmen liefern, bilden neben Niederschlags- und Temperaturdaten die Grundlage für diese Analyse.

**Abbildung 2. Hedgingeffektivität des gleichzeitigen Einsatzes von temperatur- und niederschlagsbasierten<sup>a)</sup> Wetterindexversicherungen auf disaggregierter und aggregierter Ebene**



a) Wetterindizes, gemessen an der Wetterstation Hannover.

b) Die Reihenfolge der Betriebe ist randomisiert.

Quelle: eigene Darstellung



Die Ergebnisse zeigen, dass Wetterindexversicherungen auch auf disaggregierter Ebene einen wichtigen Beitrag zur Stabilisierung des Einkommens leisten können. Allerdings kann die Risiko reduzierende Wirkung hier von Ertragszeitreihe zu Ertragszeitreihe stark schwanken. Für die von uns untersuchten Zuckerertragszeitreihen steigt durch das Aggregieren der Zusammenhang zum Wetterindex. Dies mindert das Basisrisiko bei der Anwendung von Wetterindexversicherungen, sodass das Risikoreduzierungspotenzial ansteigt. Unsere Ergebnisse zeigen, dass das Risikoreduzierungspotenzial von Wetterindexversicherungen im Mittel bereits in Unternehmen mit einem vergleichsweise geringen Aggregationsniveau, wie es beispielsweise bei Biogasanlagen zu finden sein kann, bedeutend höher ist als auf disaggregierter Ebene in landwirtschaftlichen Einzelbetrieben. Daher kann das Risikoreduzierungspotenzial von Wetterindexversicherungen für Unternehmen des Agribusiness unterschätzt werden, wenn es aus Studien abgeleitet wird, die mit disaggregierten Ertragszeitreihen von landwirtschaftlichen Einzelbetrieben arbeiten. Andersherum bedeutet dies allerdings auch, dass das Risikoreduzierungspotenzial von Wetterindexversicherungen für landwirtschaftliche Einzelbetriebe überschätzt werden kann, wenn es auf Grundlage von aggregierten Ertragszeitreihen analysiert wird. Stehen keine disaggregierten Ertragsdaten zur Verfügung, wie es häufig der Fall ist, wird in Studien für landwirtschaftliche Einzelbetriebe allerdings i.d.R. auf aggregierte Ertragsdaten zurückgegriffen.

Die hier dargelegten Ergebnisse sind nicht ohne Weiteres zu verallgemeinern: Forschungsbedarf besteht für die Wirkung von Wetterindexversicherungen mit Indizes, basierend auf anderen Wettervariablen und für andere Produktionsrichtungen und andere Regionen. Aufgrund der Neuartigkeit von Wetterindexversicherungen erscheint außerdem die Frage der Akzeptanz von agrarwirtschaftlichen Unternehmen für Wetterindexversicherungen relevant, die man unter anderem über Befragungen erfassen könnte.

## Literatur

- BARRETT, C.B., B.J. BARNETT, M.R. CARTER, S. CHANTARAT, J.W. HANSEN, A.G. MUDE, D.E. OSGOOD, J.R. SKEES, C.G. TURVEY und M.N. WARD (2007): Poverty Traps and Climate Risk: Limitations and Opportunities of Index-Based Risk Financing. In: IRI technical report, No. 2, Columbia.
- BERG, E., B. SCHMITZ, M. STARP und H. TRENKEL (2005): Wetterderivate: Ein Instrument im Risikomanagement für die Landwirtschaft? In: *Agribusiness* 54 (3): 158-170.
- BERG, E. und B. SCHMITZ (2008): Weather-based instruments in the context of whole-farm risk management. In: *Agricultural Finance Review* 68 (1): 119-133.
- BREUSTEDT, G., R. BOKUSHEVA und O. HEIDELBACH (2008): Evaluating the potential of index insurance schemes to reduce crop yield risk in an arid region. In: *Journal of Agricultural Economics* 59 (1): 312-328.
- BRIX, A., S. JEWSON und C. ZIEHMANN (2002): Weather Derivative Modelling and Valuation: A Statistical Perspective. In: Dischel, R.S. (ed.): *Climate Risk and the Weather Market*. Risk Books, London: 127-150.
- BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (2014): Die EU-Zuckermarktregelungen. URL: [http://www.bmel.de/DE/Landwirtschaft/Agrarpolitik/1\\_EU-Marktregelungen/\\_Texte/EU-Zuckermarktregelung\\_en.html](http://www.bmel.de/DE/Landwirtschaft/Agrarpolitik/1_EU-Marktregelungen/_Texte/EU-Zuckermarktregelung_en.html), Zugriff am 05.11.2014.
- CAO, M. und J. WEI (2003): Weather Derivatives Valuation and Market Price of Weather Risk. Working Paper. Schulich School of Business, York University, Toronto, Ontario, Canada.
- COBLE, K.H., T.O. KNIGHT, R.D. POPE und J.R. WILLIAMS (1997): An Expected-Indemnity Approach to the Measurement of Moral Hazard in Crop Insurance. In: *American Journal of Agricultural Economics* 79 (1): 216-226.
- DEUBEL, A. (2009): Risikomanagement mit Wetterderivaten. Der Handel mit Wetterderivaten. Diplomica Verlag GmbH, Hamburg.
- DISCHEL, R.S. (2001): Double Trouble: Hedging Rainfall and Temperature. In: *Weather Risk Report, Risk Magazine and Energy and Power Risk Management*, Risk Waters Group, August: 24-26.
- DUBROVSKY, M., J. BUCHTELE und Z. ZALUD (2004): High-Frequency and Low-Frequency Variability in Stochastic Daily Weather Generator and its Effect on Agricultural and Hydrologic Modelling. In: *Climatic Change* 63 (1-2): 145-179.
- FINGER, R. (2012): Biases in Farm-level Yield Risk Analysis due to Data Aggregation. In: *German Journal of Agricultural Economics* 61 (1): 30-43.
- 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.
- GOODWIN, B.K. (2001): Problems with market insurance in agriculture. In: *American Journal of Agricultural Economics* 83 (3): 643-649.
- HEIDORN, T. und A. TRAUTMANN (2005): Niederschlagsderivate. Working Paper No. 69. HfB-Business school of Finance & Management, Frankfurt/M.
- JOHNSON, L.L. (1960): The theory of hedging and speculation in commodity futures. In: *Review of Economic Studies* 27 (3): 139-151.
- KLUGE-SEVERIN, S. (2009): Wachstumsanalyse von Zuckerrüben bei Aussaat im Herbst und im Frühjahr. Dissertation 29, GAU Göttingen. Cuvillier Verlag, Göttingen.
- MAHUL, O. und D. VERMERSCH (2000): Hedging Crop Risk with Yield Insurance Futures and Options. In: *European Review of Agricultural Economics* 27 (2): 109-26.

- MEUWISSEN, M.P.M., M.A.P.M. VAN ASSELDONK und R.B.M. HUIRNE (2000): The Feasibility of a Derivative for the Potato Processing Industry in the Netherlands. Paper präsentiert beim Meeting of Southern Association of Economics and Risk Management in Agriculture, 23-25 March 2000, Gulf Shores, Alabama.
- MEYER, N. (2002): Risikomanagement von Wetterrisiken. Bibliothek Deloitte & Touche, Hannover.
- MIRANDA, M.J. (1991): Area-yield crop insurance reconsidered. In: *American Journal of Agricultural Economics* 73 (2): 233-242.
- MUBHOFF, O. und N. HIRSCHAUER (2008): Zu welchem Preis können Versicherer „ineffektive“ Risikomanagementinstrumente anbieten? Zur Effizienz von Wetterderivaten. In: *German Risk and Insurance Review* 4 (1): 1-27.
- NELL, M. (1990): Die Bedeutung des Risikos als Produktionsfaktor. In: *Zeitschrift für die gesamte Versicherungswirtschaft* 90 (1-2): 275-585.
- NOLTE, S. und H. GRETHE (2012): Der Markt für Zucker. In: *German Journal of Agricultural Economics* 61 (Supplement): 27-40.
- NORTON, M., D. OSGOOD und C.G. TURVEY (2013): Quantifying spatial basis risk for weather index insurance. In: *The Journal of Risk Finance* 14 (1): 20-34.
- 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.
- PELKA, N. und O. MUBHOFF (2013): Das Risikoreduzierungs-potenzial von Wetterderivaten im Ackerbau: Einfachindizes versus Mischindizes. In: *German Journal of Agricultural Economics* 62 (4): 231-243.
- RAIFFEISEN (2003): Hitzewelle im August: Frankreich fehlen 16 Mio. Stück Geflügel. URL: <http://www.raiffeisen.com>, Zugriff am 18.01.2014.
- RUDSTROM, M., M. POPP, P. MANNING und E. GBUR (2002): Data Aggregation Issues for Crop Yield Risk Analysis. In: *Canadian Journal of Agricultural Economics* 50 (2): 185-200.
- SCHÄFER, H. (2005): Absicherung von Umsatzrisiken mit Hilfe von Wetterderivaten. In: *Betriebswirtschaftliche Blätter* 54 (8): 463-469.
- SCHIRM, A. (2000): Wetterderivate- Finanzmarktprodukte für das Management wetterbedingter Geschäftsrisiken. In: *Finanz Betrieb* 2000 (11): 722-730.
- (2001): Wetterderivate - Einsatzmöglichkeiten und Bewertung. In: *Research in Capital Markets and Finance* 2001 (2), Institut für Kapitalmarktforschung und Finanzierung, Ludwig-Maximilians-Universität München.
- SKEES, J.R. (2000): A role for capital markets in natural disasters: a piece of the food security puzzle. In: *Food Policy* 25 (2000): 365-378.
- SKEES, J.R., S. GOBER, P. VARANGIS, R. LESTER und V. KALAVAKONDA (2001): Developing Rainfall-Bases Index Insurance in Morocco. Policy Research Paper 2577. World Bank, Washington D.C.: 1-44.
- SMITH, V.H., H.H. CHOUINARD und A.E. BAQUET (1994): Almost ideal area yield crop insurance contracts. In: *Review of Agricultural Economics* 23 (1): 75-83.
- 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, Italy, June 23-26, 2003.
- TURVEY, C.G. (2001): Weather Derivatives for Specific Event Risks in Agriculture. In: *Review of Agricultural Economics* 23 (2): 333-351.
- (2005): The pricing of degree-day weather options. In: *Agricultural Finance Review* 65 (1): 59-85.
- VAN ASSELDONK, M.A.P.M. (2003): Insurance against Weather Risk: Use of Heating Degree-days from non-local Stations for weather Derivates. In: *Theoretical and Applied Climatology* 74 (1-2): 137-144.
- VEDENOV, D.V. und B.J. BARNETT (2004): Efficiency of Weather Derivatives as Primary Crop Insurance Instruments. In: *Journal of Agricultural Resource Economics* 29 (3): 387-403.
- WRMA (Weather Risk Management Association) (2014): URL: <http://www.wrma.org/>, Zugriff am 31.01.2014.
- WVZ (Wirtschaftliche Vereinigung Zucker) (2014): Fragen und Antworten zu EU-Zuckermarktordnung. URL: [http://www.zuckerverbaende.de/images/stories/docs/2014\\_01\\_Fragen\\_und\\_Antworten\\_zur\\_EU-Zuckermarktregelung\\_Januar\\_2014.pdf](http://www.zuckerverbaende.de/images/stories/docs/2014_01_Fragen_und_Antworten_zur_EU-Zuckermarktregelung_Januar_2014.pdf), Zugriff am 02.11.2014.
- WOODARD, J.D. und P. GARCIA (2007): Basis Risk and Weather Hedging Effectiveness. Paper prepared for presentation at the 101<sup>st</sup> EAAE Seminar “Management of Climate Risk in Agriculture”, Berlin.
- XU, W., R. WEBER, M. ODENING und O. MUBHOFF (2008): Optimal Design of Weather Bonds for Reinsuring Weather Risk. Paper prepared for presentation at the 108<sup>th</sup> EAAE Seminar “Income stabilization in a changing agricultural world: policy and tools”. Warsaw, Poland. February 8-9, 2008.
- ZENG, L. (2000): Pricing Weather Derivatives. In: *Journal of Risk Finance* 1 (3): 72-78.

## Danksagung

Für hilfreiche Kommentare, Anregungen und Kritik danken wir zwei anonymen Gutachtern und den Herausgebern des „German Journal of Agricultural Economics“. Diese Studie wurde gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages und über die Fachagentur Nachwachsender Rohstoffe e.V. in dem Verbundprojekt „Die Zuckerrübe als Energiepflanze in Fruchtfolgen auf hoch produktiven Standorten – eine pflanzenbaulich/ökonomische Systemanalyse“.

Kontaktautor:

**NIELS PELKA**

Dept. für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung,  
Georg-August-Universität Göttingen  
Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen  
E-Mail: [npelka@gwdg.de](mailto:npelka@gwdg.de)