

Diekmann, Anton; Wolbert-Haverkamp, Matthias; Mußhoff, Oliver

**Working Paper**

## Die Bewertung der Umstellung einer einjährigen Ackerkultur auf den Anbau von Miscanthus: Eine Anwendung des Realloptionsansatzes

Diskussionsbeitrag, No. 1406

**Provided in Cooperation with:**

Department for Agricultural Economics and Rural Development, University of Goettingen

*Suggested Citation:* Diekmann, Anton; Wolbert-Haverkamp, Matthias; Mußhoff, Oliver (2014) : Die Bewertung der Umstellung einer einjährigen Ackerkultur auf den Anbau von Miscanthus: Eine Anwendung des Realloptionsansatzes, Diskussionsbeitrag, No. 1406, Georg-August-Universität Göttingen, Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung (DARE), Göttingen

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/97613>

**Standard-Nutzungsbedingungen:**

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

**Terms of use:**

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*



## **Diskussionspapiere**

Discussion Papers

### **Die Bewertung der Umstellung einer einjährigen Ackerkultur auf den Anbau von Miscanthus – Eine Anwendung des Realoptionsansatzes**

**Anton Diekmann, Matthias Wolbert-Haverkamp, Oliver Mußhoff**

Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung  
Georg-August-Universität Göttingen  
37073 Göttingen

## **Zusammenfassung**

Viele Studien zeigen, dass Miscanthus (MSC) im Vergleich zum klassischen Ackerbau ökonomisch vorteilhaft sein kann. Dennoch bauen Landwirte nur vereinzelt MSC an. Es hat daher den Anschein, dass Landwirte der traditionellen Investitionstheorie nicht folgen. Im Unterschied zur traditionellen Investitionstheorie berücksichtigt der Realloptionsansatz (ROA) Irreversibilität und zeitliche Flexibilität einer Investition sowie die Unsicherheit hinsichtlich der Rückflüsse. Aus diesem Grund können die Investitionstrigger des ROA, ab denen ein Entscheider investieren sollte, höher als die der traditionellen Investitionstheorie sein. Häufig wird daraus in nicht MSC-Kontexten geschlossen, dass der ROA Investitionszurückhaltung erklären kann. In vielen Anwendungen wird allerdings die Desinvestitionsmöglichkeit vernachlässigt. Es besteht daher die Gefahr, dass die gemäß ROA berechneten Investitionstrigger überhöht sind. Wir sind die ersten, die den ROA auf die Umstellungsmöglichkeit von klassischem Ackerbau auf MSC anwenden und mit Hilfe einer Kombination aus genetischem Algorithmus und stochastischer Simulation Investitions- bzw. Umstellungstrigger (mit und ohne Rückumstellungsmöglichkeit) bestimmen. Unsere Ergebnisse zeigen, dass die Umstellungstrigger des ROA bedeutend höher sind als die der traditionellen Investitionstheorie. Allerdings führt die Vernachlässigung der Rückumstellungsmöglichkeit zu einer Überschätzung der Umstellungszurückhaltung. Ein zunehmender Grad an Risikoaversion führt zu einer Verringerung der Umstellungstrigger beider Theorien. Es kann geschlossen werden, dass der ROA die Zurückhaltung der Landwirte bei der Umstellung auf MSC zumindest teilweise erklären kann.

## **Keywords**

Landnutzung, traditionelle Investitionstheorie, Realloptionsansatz, genetischer Algorithmus, Miscanthus, Weizen

## 1. Einleitung

Der Anbau von *Miscanthus x Giganteus* (MSC) bietet gegenüber der klassischen Ackerlandnutzung zahlreiche Vorteile. Der MSC-Anbau ist gekennzeichnet durch hohe Flächenerträge und kann der Bereitstellung von Wärme, Energie und Treibstoff dienen (Heaton et al., 2004). Auch in den USA hat man diese Potentiale erkannt. So stellen Dohleman et al. (2009) fest, dass der MSC-Anbau um bis zu 60% höhere Biomasseerträge pro Hektar (ha) im Vergleich zu Körnermais in den Hauptanbaugebieten des mittleren Westens aufweisen kann. Mabee und Saddler (2007) prognostizieren in einigen OECD-Staaten für MSC höhere Biomasseerträge pro Hektar (ha) im Vergleich zu konventionellem Waldbau.

Aus ökonomischer Sicht scheint der Anbau von MSC sinnvoll zu sein. Nach Berechnungen von Bullard (2001) kann MSC auf englischen Hohertragsstandorten höhere Deckungsbeiträge (DB) als der Anbau von Weizen und anderen klassischen Ackerkulturen erzielen. In einer Untersuchung im US-Bundesstaat Illinois wurde festgestellt, dass der MSC-Anbau auch ohne Subventionen wirtschaftlich interessant ist, sofern die Anbaudauer mehrere Perioden umfasst (Heaton et al., 2004). Diverse Studien wie Clifton-Brown et al. (2004) weisen auf ein erhebliches Potential für MSC in Deutschland hin. Eine Machbarkeitsstudie für das Bundesland Baden-Württemberg stellt fest, dass die DB von MSC höher sind als die von Kurzumtriebsplantagen mit Pappeln und Weiden (Billen et al., 2009). Allerdings liegt die tatsächliche MSC-Anbaufläche in Deutschland lediglich bei ca. 2 500 ha (Strohm et al., 2012). Es stellt sich daher die Frage, warum Landwirte in Deutschland MSC nicht stärker in ihr Anbauprogramm aufnehmen.

Eine Erklärung könnte zum Beispiel darin bestehen, dass die Etablierungskosten im Anpflanzungsjahr hoch sind (Lewandowski, 1998). Da zudem in den ersten Jahren nach der Anpflanzung mit niedrigeren Erträgen zu rechnen ist, könnten Liquiditätsengpässe bedingen, dass Landwirte nicht auf MSC umstellen (Miguez et al., 2008). Ein weiterer Grund könnte die lange Bindung der Böden an die Anbaukultur sein. Dieser Grund wird z. B. auch als eine Ursache für die Zurückhaltung der Landwirte angeführt, Kurzumtriebsplantagen anzupflanzen (Marron et al., 2012). Darüber hinaus könnte die begrenzte Rationalität der Entscheidungsträger bzw. Landwirte eine weitere Ursache darstellen.

Der Wechsel von klassischem Ackerbau zur Kultivierung von MSC hat den Charakter einer Investition, da im Vergleich zu jährlichen Kulturen zum einen durch die Umstellung

hohe Anpflanzungskosten entstehen. Zum anderen hat MSC eine lange Nutzungsdauer, über die Rückflüsse durch den Verkauf der Hackschnitzel zu realisieren sind.

Häufig wird zur Bewertung von Investitionen die traditionelle Investitionstheorie herangezogen. Danach sollte eine Investition durchgeführt werden, sofern sie mit einem positiven Kapitalwert (KW) verbunden ist. Für MSC hat sich gezeigt, dass nur wenige Landwirte tatsächlich MSC anbauen, obwohl nach klassischer Investitionstheorie eine Umstellung sinnvoll sein kann (vgl. Bullard, 2001; Heaton et al., 2004). Es hat den Anschein, als wenn die Landwirte der klassischen Investitionstheorie bzw. dem Kapitalwert-Kriterium (KWK) nur bedingt folgen. Ein Grund dafür könnte sein, dass das KWK nicht berücksichtigt, dass die Investitionskosten meist irreversibel sind. Die Investitionskosten des MSC-Anbaus bestehen hauptsächlich aus den Pflanzkosten. Da diese durch eine Rückumstellung nicht zurückerlangt werden können, sind sie versunken. Zudem wird nicht berücksichtigt, dass der Investitionszeitpunkt flexibel gewählt werden kann, d.h. dass der Landwirt die Umstellung nicht sofort durchführen muss, sondern diese auch erst in späteren Jahren realisieren und währenddessen den Anbau klassischer Ackerfrüchte fortsetzen kann. Auch wird die Unsicherheit einer Investition nicht mit einbezogen (Trigeorgis, 1996, 1). Unsicherheit besteht bei der Umstellung auf MSC hinsichtlich der jährlichen Rückflüsse, was beispielsweise auf die Schwankungen der Hackschnitzelpreise zurückzuführen ist. Die Vermutung liegt nahe, dass Landwirte diese Aspekte intuitiv in ihre Umstellungsentscheidung auf MSC mit einbeziehen und daher das KWK nicht geeignet ist, um die Entscheidungssituation des Landwirtes hinreichend abzubilden.

Der Realloptionsansatz (ROA), der auch als neue Investitionstheorie bezeichnet wird, berücksichtigt Irreversibilität, zeitliche Flexibilität und Unsicherheit von Investitionen. Eine Investition sollte im Vergleich zur traditionellen Investitionstheorie häufig erst bei höheren Investitions- bzw. Umstellungstriggern erfolgen (Dixit und Pindyck, 1994, 3-25). Die Ursache hierfür sind intertemporale Opportunitätskosten, welche einen „Wert des Wartens“ erzeugen. So wendet zum Beispiel Mußhoff (2012) den ROA an, um die mangelnde Umstellungsbereitschaft der Landwirte von Stilllegungsflächen auf Kurzumtriebsplantagen zu untersuchen. Quintessenz ist die Aussage, dass der ROA ein Erklärungspotential für die zu beobachtende Umstellungszurückhaltung besitzt, da die Umstellungstrigger des ROA höher sind als die des klassischen KWK.

Wie auch bei Mußhoff (2012) wird in vielen ROA-Anwendungen (vgl. Duku-Kaakiyre und Nanang, 2004; Behan et al., 2006) die Möglichkeit einer Desinvestition oder Rückumstellung nicht berücksichtigt. Auf MSC bezogen bedeutet dies, dass unterstellt

wird, dass die Landwirte nicht schon innerhalb der Nutzungsdauer rekultivieren können, falls der Anbau einer Alternativkultur vorteilhafter ist. Die tatsächliche Flexibilität des Landwirts, auf Veränderungen der ökonomischen Rahmenbedingungen zu reagieren und schon innerhalb der Nutzungsdauer zu rekultivieren, wird daher bislang nicht hinreichend in den Modellen berücksichtigt. Folglich besteht die Gefahr, dass die berechneten Investitions- und Umstellungstrigger überhöht sein können.

Vor diesem Hintergrund verfolgen wir folgende Ziele:

1. Wir berechnen die Trigger für die Umstellung von einer einjährigen Ackerkultur auf MSC gemäß der traditionellen Investitionstheorie und nach dem ROA.
2. Im Hinblick auf den ROA untersuchen wir die Auswirkung einer Berücksichtigung der Rückumstellungsmöglichkeit innerhalb der Nutzungsdauer auf die Höhe der Umstellungstrigger. Zu diesem Zweck berechnen wir die Umstellungstrigger auf MSC einmal ohne Rückumstellungsmöglichkeit und einmal mit Rückumstellungsmöglichkeit. Im letztgenannten Fall berechnen wir zudem Rückumstellungstrigger, ab denen der Landwirt wieder von MSC auf die einjährige Ackerkultur wechseln sollte.
3. Wir quantifizieren den Einfluss von Risikoaversion auf die Umstellungstrigger durch die Verwendung von risikoangepassten Zinssätzen.

Im Vergleich zu z. B. Duku-Kaakiyre und Nanang (2004) und Mußhoff (2012) berücksichtigen wir in unseren Berechnungen zwei Unsicherheitsvariablen, nämlich die unsicheren DB der einjährigen Ackerkultur und des MSC-Anbaus, deren Entwicklung mit Hilfe von stochastischen Prozessen beschrieben wird. Um einen hohen Grad an unternehmerischer Flexibilität in unseren Modellen abbilden zu können, verwenden wir eine Kombination aus stochastischer Simulation und genetischem Algorithmus (GA). Zur Berücksichtigung von Risikoaversion greifen wir auf risikoangepasste Zinssätze zurück. So sind wir in der Lage, die Umstellungs- und Rückumstellungstrigger simultan zu berechnen. Folglich haben wir ein Realloptionsmodell entwickelt, mit dem unter Berücksichtigung simultaner Investitionen und Desinvestitionen und zweier Unsicherheitsvariablen sowie der Risikoaversion Umstellungstrigger von der einjährigen Kultur auf MSC und Rückumstellungstrigger von MSC auf die einjährige Kultur bestimmt werden können. Die Berücksichtigung zweier Unsicherheitsvariablen unter Anwendung einer Kombination aus stochastischer Simulation und GA wird nach unserem Kenntnisstand in der land- und forstwissenschaftlichen Literatur bislang wenig genutzt und bisher noch nicht auf die Frage der Umstellung auf MSC angewendet.

In Abschnitt 2 wird die Entscheidungssituation erläutert und die methodische Vorgehensweise beschrieben. In Abschnitt 3 werden die Modellannahmen und das zugrunde liegende Datenmaterial erläutert. Abschnitt 4 zeigt die Ergebnisse unserer Untersuchung. In Abschnitt 5 ziehen wir ein Fazit und geben einen Ausblick.

## **2. Entscheidungssituation und methodische Vorgehensweise**

### *2.1. Beschreibung der Entscheidungssituation*

Für MSC bieten sich Anbaustandorte mit hohen Bodenpunktzahlen an, was auf humose Mineralböden mit guter Wasserversorgung zutrifft (Clifton-Brown et al., 2004). Aus diesem Grund betrachten wir in unserer Untersuchung beispielhaft einen landwirtschaftlichen Betrieb mit guten Böden, der es in Erwägung zieht, seine Ackerflächen auf MSC umzustellen. Da Winterweizen auf diesen Flächen den größten Anteil in der Fruchtfolge hat (KTBL, 2009), haben wir aus Vereinfachungsgründen angenommen, dass der Weizenanbau durch MSC verdrängt wird, obwohl Winterweizen in der Regel nur in einer Fruchtfolge angebaut wird (KTBL, 2009).

In unserer Entscheidungssituation kann der Landwirt jährlich bestimmen, ob er Weizen oder MSC anbauen möchte. Sollte er auf MSC umstellen, fallen Investitionskosten an. Diese bestehen hauptsächlich aus den Anpflanzungskosten der MSC-Rhizome (KTBL, 2012). Hat er auf MSC umgestellt, nehmen wir eine mehrjährige Nutzungsdauer an. Der Landwirt kann innerhalb der Nutzungsdauer rekultivieren. Da die Rhizome wieder aus dem Boden entfernt werden müssen, verursacht die Rekultivierung sowohl innerhalb als auch nach jeder Nutzungsdauer Kosten.<sup>1</sup> Nach der Rekultivierung hat der Landwirt die Möglichkeit, erneut MSC anzupflanzen. Wir nehmen einen unendlichen Betrachtungszeitraum an.

Damit der Landwirt die Produktionsalternativen vergleichen kann, greift er auf die DB von Weizen und MSC zurück. Die DB errechnen sich aus den Erlösen abzüglich der variablen Kosten. Die Preise für Hackschnitzel und die mittleren Erträge des MSC-Anbaus werden herangezogen, um den DB von MSC zu kalkulieren. Die variablen Kosten setzen sich hauptsächlich aus Düngungs- und Erntekosten zusammen (KTBL, 2012). Für den Weizenanbau erfolgt die Kalkulation der DB ähnlich.

Nach Anderson (1974) sollte das Risiko und die Risikoeinstellung des Entscheiders bei der Bewertung von Investitionsalternativen berücksichtigt werden, da dies einen Einfluss

---

<sup>1</sup> Da diese Kosten nicht anfallen würden, wenn der Landwirt nicht auf MSC umgestellt hätte, werden sie dem MSC-Anbau zugerechnet.

auf die Implementierung neuer Produktionstechniken in der Landwirtschaft hat (vgl. auch Isik und Khanna, 2003; Hugonnier und Morellec, 2005). Daher bestimmen wir im Folgenden die Umstellungstrigger zum einen für risikoneutrale und zum anderen für risikoaverse Landwirte. Zur Berücksichtigung der Risikoeinstellung werden risikoangepasste Zinssätze für die Diskontierung der Zahlungsströme verwendet. Da das DB-Risiko für die Weizen- und MSC-Produktion unterschiedlich ist, sind die risikoangepassten Zinssätze verfahrensspezifisch.

## 2.2. Bewertung der Umstellung im Rahmen der traditionellen Investitionstheorie

Die traditionelle Investitionstheorie betrachtet „Jetzt-oder-Nie-Entscheidungen“. Zur Berechnung des KW wird der Barwert der Investitionskosten dem Barwert der zukünftigen Rückflüsse der Investition gegenübergestellt. Der Landwirt sollte bei einem positiven KW auf MSC umstellen (Hull, 2009, 737).

Stellt der Landwirt auf MSC um, fallen bei wiederholten Investitionen Investitionskosten  $IK$  zu Beginn der jeweiligen Nutzungsperiode an. Während der jeweiligen Nutzungsperiode erzielt der Landwirt den DB von MSC  $DB_t^{MSC}$ . Allerdings kann er dann den DB von Weizen  $DB_t^W$  nicht mehr erzielen. Am Ende der jeweiligen Nutzungsdauer des MSC-Anbaus fallen Rekultivierungskosten  $RK$  an. Der Kapitalwert  $KW_t$  ist damit wie folgt zu berechnen<sup>2</sup>:

$$KW_t = V(DB_t^{MSC}) - V(IK) - V(RK) - V(DB_t^W) \quad (1)$$

$V(\cdot)$  ist der Barwert des jeweiligen in Klammern angezeigten Zahlungsstroms. Bei Annahme eines unendlich langen Betrachtungszeitraums, in dem der Landwirt mehrmals hintereinander MSC anbauen kann, ist  $V(DB_t^{MSC})$  gleich dem konstanten erwarteten DB von MSC dividiert durch den risikoangepassten Zinssatz von MSC. Die Berechnung von  $V(DB_t^W)$  erfolgt gleichermaßen unter Verwendung des risikoangepassten Zinssatzes von Weizen. Der kritische Wert für den  $DB_t^{MSC * M}$ , den wir als Umstellungstrigger bezeichnen und bei dem der KW null ist, gibt an, ab welchem DB für MSC (bei gegebenem DB von Weizen) der Landwirt auf MSC umstellen sollte. Auf Grundlage von Gleichung (1) kann der Umstellungstrigger folgendermaßen berechnet werden:

$$DB_t^{MSC * M} = [V(IK) + V(RK) + V(DB_t^W)] \cdot i^{MSC} \quad (2)$$

<sup>2</sup> Der Kapitalwert ist mit dem Index  $t$  versehen, da er für unterschiedliche Zeitpunkte berechnet werden kann.



$i^{MSC}$  entspricht dem risikoangepassten Zinssatz für MSC. Der kritische Wert des DB wird in der traditionellen Investitionstheorie als Marshallian-Trigger bezeichnet und oftmals mit dem Zusatz  $*M$  gekennzeichnet. Aus Gründen der besseren Anschaulichkeit wird die kritische Deckungsbeitragsdifferenz  $\Delta DB_t^{MSC*M}$  berechnet, indem der durchschnittliche DB des Weizens von dem Umstellungstrigger subtrahiert wird. Der DB von MSC sollte mindestens um diese Differenz höher sein, damit die *IK* und *RK* gedeckt sind:

$$\Delta DB_t^{MSC*M} = DB_t^{MSC*M} - DB_t^W \quad (3)$$

Die traditionelle Investitionstheorie berücksichtigt die Möglichkeit der unternehmerischen Flexibilität einer Desinvestition nicht, weswegen die Berechnung des Rückumstellungstriggers nicht möglich ist.

### 2.3. Bewertung der Umstellung im Rahmen des Realoptionsansatzes

Nach der traditionellen Investitionstheorie bedeutet ein positiver KW, dass die Investition unverzüglich durchgeführt werden sollte. Der ROA berücksichtigt die unternehmerische Flexibilität in Bezug auf den Investitionszeitpunkt, die Irreversibilität der Investitionskosten und Unsicherheit hinsichtlich der Investitionsrückflüsse (Dixit und Pindyck, 1994, 3-25). Der ROA besagt, dass der KW, welcher auch als innerer Wert bezeichnet wird, nur ein Teil des Wertes einer Investition ist (Trigeorgis, 1996, 124). Desweiteren hat eine Investitionsoption einen Fortführungswert, welcher dem diskontierten erwarteten Wert der Investition zum nächstmöglichen Investitionszeitpunkt entspricht. Bei sofortiger Durchführung der Investition kann der innere Wert realisiert werden und der Fortführungswert erlischt. Ein rationaler Entscheider würde nur sofort investieren, wenn der innere Wert größer als der Fortführungswert ist. Die Bellmann Gleichung für dieses binäre Entscheidungsproblem ist folgendermaßen definiert (Dixit und Pindyck, 1994, 93-134):

$$F_t = \max(KW_t; E(KW_{t+1}) \cdot (1 + i)^{-1}) \quad (4)$$

$F_t$  ist der Wert der Umstellungsmöglichkeit (Optionswert) zum Zeitpunkt  $t$ ,  $i$  ist der Kalkulationszinsfuß,  $E(\cdot)$  ist der Erwartungswertoperator und  $\max(\cdot)$  ist ein Maximierungsoperator. Der klassische KW ist die untere Grenze für den Optionswert  $F$ . Es liegt eine Stoppreion vor, in der der innere Wert den Fortführungswert übertrifft, und eine Fortführungsregion, in der der entgegengesetzte Fall eintritt. Ein kritischer Ausübungswert

trennt die beiden Regionen unter bestimmten Regularitätsbedingungen eindeutig voneinander (Dixit und Pindyck, 1994, 128). Dieser wird als Investitionstrigger oder als Umstellungstrigger bezeichnet. Wie im Fall des Umstellungstriggers nach traditioneller Investitionstheorie, berechnen wir auch gemäß ROA die kritische Deckungsbeitragsdifferenz  $\Delta DB^{MSC*}$ .

Die Lösung von Gleichung (4) ist nicht einfach, da analytische Lösungen nur für einfache Entscheidungsprobleme und Spezialfälle vorliegen (vgl. McDonald und Siegel, 1986). Es wird eine Vielzahl von Restriktionen benötigt. Die analytische Lösung setzt beispielsweise voraus, dass die Entwicklung der stochastischen Variablen einem geometrischen Brownschen Prozess (GBP) folgt (vgl. McDonald und Siegel, 1986; Gjolberg und Guttormsen, 2002). Da die stochastische Variable bei Annahme eines GBP nicht negativ werden kann, ist dessen Verwendung zur Beschreibung der Entwicklung von DB nicht plausibel. Wir verwenden daher einen numerisch approximativen Ansatz, um Gleichung (4) zu lösen. Hull (2009, 399-442) gibt einen Überblick über numerische Optionsbewertungsmethoden.

Ein numerisch approximativer Ansatz, der hier besonders vielversprechend erscheint, ist die Kombination der stochastischen Simulation mit einem GA. Mittels der stochastischen Simulation lässt sich der Optionswert von Investitionsmöglichkeiten bei gegebener Investitionsstrategie berechnen, also z. B. für vorgegebene kritische Deckungsbeitragsdifferenzen. Dies lässt sich auf jeden stochastischen Prozess für die Unsicherheitsvariablen anwenden (Hull, 2009, 399-422). Wir sind daher nicht auf die Annahme eines GBP angewiesen. Da die stochastische Simulation allerdings über keinen Optimierungsansatz verfügt, können die optimalen Investitionsstrategien nicht bestimmt werden. Aus diesem Grund kombinieren wir die stochastische Simulation mit einem GA. Der GA arbeitet entsprechend den Mechanismen der natürlichen Evolution (Holland, 1975; Goldberg, 1989; Mitchell, 1996). Es werden zufällig eine Reihe von Investitionsstrategien ausgewählt und entsprechend ihres Optionswertes getestet. Mittels der verschiedenen Operatoren des GA werden diese Umstellungsstrategien von einer Generation zur nächsten modifiziert, um den Optionswert zu verbessern. Ziel der Methode ist es, die Umstellungsstrategie zu finden, die den maximalen Optionswert liefert. Der GA ermöglicht einen hohen Grad an Flexibilität, weshalb auch eine Rückumstellung berücksichtigt werden kann. So können die kritischen Deckungsbeitragsdifferenzen der Umstellung sowie der Rückumstellung simultan ermittelt werden. Für die Rückumstellung innerhalb der

Nutzungsdauer berechnen wir analog zu den Umstellungstriggern die kritische Deckungsbeitragsdifferenz der Rückumstellung  $\Delta DB_t^{W*}$ .<sup>3</sup>

$$\Delta DB_t^{W*} = DB_t^{W*} - DB_t^{MSC} \quad (5)$$

In unserem Modell kann der Landwirt entscheiden, ob er Weizen oder MSC anbaut. Der Landwirt wechselt zu MSC, wenn er zuvor Weizen angebaut hat und der DB von MSC im Jahr  $t$  gleich oder größer ist als der DB von Weizen zur selben Zeit plus der kritischen Deckungsbeitragsdifferenz der Umstellung ( $DB_t^{MSC} \geq DB_t^W + \Delta DB_t^{MSC*}$ ). Die Rückumstellung findet statt, wenn in der vorherigen Periode MSC angebaut wurde und der DB von Weizen im entsprechenden Jahr höher ist als der DB von MSC plus der kritischen Deckungsbeitragsdifferenz der Rückumstellung ( $DB_t^W \geq DB_t^{MSC} + \Delta DB_t^{W*}$ ).

Eine genauere Beschreibung der stochastischen Simulation und des GA zur Bestimmung der optimalen kritischen Deckungsbeitragsdifferenzen der Umstellung und Rückumstellung erfolgt im Anhang (A1).

### 3. Modellannahmen

#### 3.1. Planungsannahmen und Datengrundlage

MSC wird in Deutschland bisher nur in geringem Umfang angebaut. Dennoch werden seit Anfang der neunziger Jahre Feldversuche durchgeführt, um die Anbaueigenschaften und Ertragsmerkmale von MSC zu bestimmen. Wir greifen auf diese Datengrundlage zurück.

Die Anpflanzungskosten von MSC belaufen sich auf 2 406 €/ha, wobei den größten Anteil die Kosten für die Rhizome ausmachen (KTBL, 2012). Pro Hektar werden 10 000 Rhizome angepflanzt (Fritz und Formowitz, 2009).

In Bezug auf die Nutzungsdauer gibt es unterschiedliche Angaben (Kaltschmitt et al., 2009). Da bisherige Versuchsergebnisse angedeutet haben, dass für einen Anbauzeitraum von 20 Jahren keine Ertragsdepressionen feststellbar sind, die Erträge jedoch danach absinken können (KTBL, 2012), nehmen wir in einem Basisszenario eine Nutzungsdauer von 21 Jahren an. In einer Variantenrechnung analysieren wir, wie sich die Umstellungstrigger verändern, wenn mit einer Nutzungsdauer von 25 Jahre gearbeitet wird. Im Jahr der Anpflanzung kann MSC aufgrund des mangelnden Aufwuchses noch nicht geerntet werden. Außerdem wird erst ab dem dritten Anbaujahr das Normalertragsniveau erreicht (Miguez et al., 2008). Gewöhnlich wird daher in der Forstökonomie auf die

---

<sup>3</sup> Der Rückumstellungstrigger ist ein mittlerer Wert über die Nutzungsdauer von MSC.

Annahme des „normalen Waldes“ zurückgegriffen (Bettinger et al., 2009, 199-203). Der „normale Wald“ ist eine Anpflanzung aus Beständen mehrerer Altersklassen, welche insgesamt konstante jährliche Biomassezuwächse aufweisen. Dieser mittlere Zuwachs kann einmal im Jahr abgeerntet werden. Dies unterstellen wir ebenfalls und rechnen mit einem jährlichen Durchschnittsertrag. Innerhalb der Nutzungsdauer nehmen wir ein mittleres Ertragsniveau von 18 Tonnen Trockenmasse je ha ( $t_{TM}/ha$ ) an (KTBL, 2012).<sup>4</sup>

Die variablen Kosten der MSC-Produktion liegen bei 453 €/ha. Sie setzen sich aus den Kosten für Düngung, Pflanzenschutz und Ernte der Pflanzen zusammen. Am Ende der Nutzungsperiode müssen die MSC-Rhizome aus dem Boden entfernt werden. Die damit verbundenen Rekultivierungskosten betragen 167 €/ha (KTBL, 2012).

Der MSC-Erlös errechnet sich aus dem Preis für Hackschnitzel multipliziert mit dem Ertrag. Es sind keine Preisnotierungen direkt für MSC-Hackschnitzel verfügbar, da die Anbaufläche bislang gering ist und ein Großteil der Erträge von den Landwirten selbst genutzt wird. Als Annäherung verwenden wir die Preise für Holzhackschnitzel und beziehen diese auf den Heizwert von MSC. Ein Markt für Holzhackschnitzel existiert erst seit wenigen Jahren, weshalb die Hackschnitzelpreiszeitreihe nicht lang genug ist, um die Unsicherheit zuverlässig zu quantifizieren. In Anlehnung an Mußhoff (2012) leiten wir daher die historischen Holzhackschnitzelpreise aus den trendbereinigten Heizölpreisen ab. Der inflationsbereinigte Preis pro Liter für Heizöl von 1970 bis 2011 wird durch den Heizwert von Heizöl geteilt und mit dem Heizwert von MSC-Hackschnitzeln multipliziert (Hawliczek, 2001; IWO, 2012). Es zeigt sich, dass die aus den Heizölpreisen berechneten Hackschnitzelpreise in Bezug auf den Heizwert von Holzhackschnitzel im Mittel um 2,47-mal höher sind als die tatsächlich zwischen 2003 und 2011 beobachteten Preise für Holzhackschnitzel (C.A.R.M.E.N e.V., 2013). Daher werden die abgeleiteten MSC-Hackschnitzelpreise um diesen Faktor bereinigt. Die aus dem Heizölpreis abgeleiteten Hackschnitzelpreise eignen sich als Proxy-Größe, da diese von 2003 bis 2011 mit den tatsächlichen Hackschnitzelpreisen dieser Periode eine Korrelation von 0,92 aufweisen.

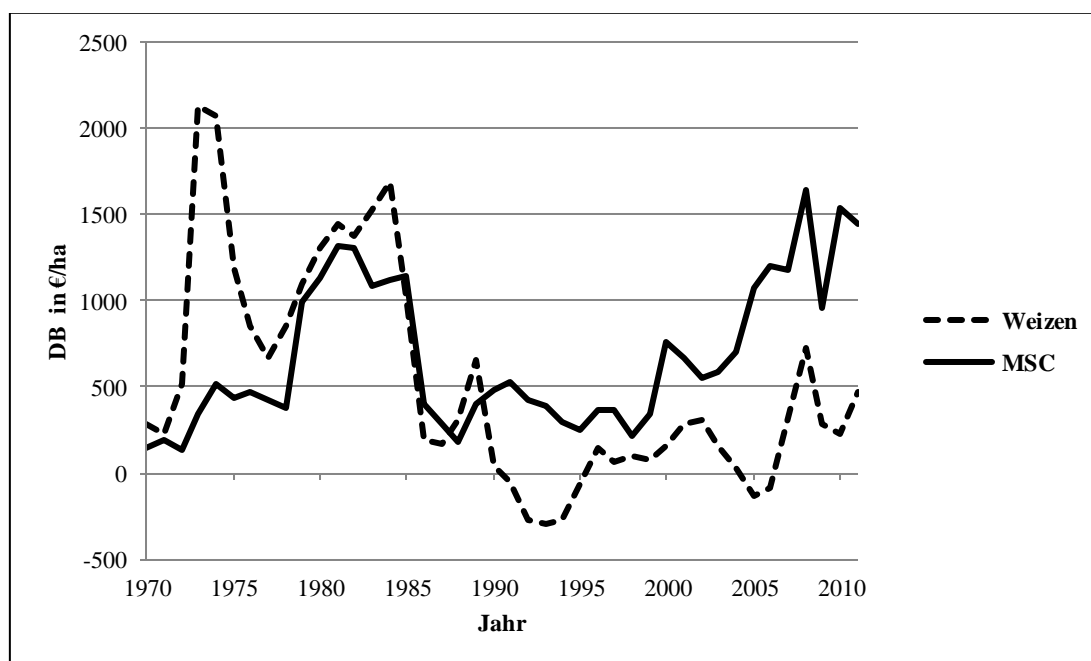
Für die Berechnung des DB von Weizen werden die trendbereinigten Erträge für Winterweizen in Deutschland verwendet (FAO, 2013a) und mit den inflationsbereinigten Weizenpreisen aus Kanada multipliziert (FAO, 2013b). Es wird auf kanadische Weizenpreise zurückgegriffen, da die Preise in der EU und insbesondere auch in Deutschland in dieser Zeit durch politisch bedingte Marktsteuerungsmaßnahmen verzerrt

---

<sup>4</sup> Der Durchschnittsertrag wurde finanzmathematisch unter Annahme der Nutzungsdauer von 21 Jahren ermittelt.

worden sind (von Ledebur und Schmitz, 2012) und zu Strukturbrüchen in der Preiszeitreihe geführt hätten.<sup>5</sup> Zwar ist die Volatilität der kanadischen Weizenpreise in der Vergangenheit höher als die der deutschen, allerdings befindet sie sich seit der Abschaffung der Marktinterventionen auf einem gleichen Niveau (vgl. Artavia et al., 2010). Die variablen Kosten der Winterweizenproduktion werden den Richtwertdeckungsbeiträgen der Landwirtschaftskammer Niedersachsen für das Jahr 2011 entnommen (LWK, 2011).

In Abbildung 1 sind die Zeitreihen der DB von MSC und Weizen von 1970 bis 2011 dargestellt. Eine genaue Berechnung der DB erfolgt in Tabelle A2 und A3 im Anhang.



**Abb. 1.** Deckungsbeitragszeitreihen für Weizen und Miscanthus

Wir führen eine Zeitreihenanalyse durch, um den „besten“ stochastischen Prozess für die DB von MSC und Weizen zu identifizieren. Die Nutzung von stochastischen Prozessen erlaubt es, die zukünftige Wertentwicklung der stochastischen Variablen zu modellieren. Stochastische Prozesse werden eingeteilt in stationäre und nicht-stationäre Prozesse. Die Stationarität wird mit einem Augmented-Dickey-Fuller-(ADF)-Test (Dickey und Fuller, 1981; Enders, 2003, 76-80) und einem KPSS-Test (Kwiatkowski et al., 1992) geprüft. Die Nullhypothese „Nicht-Stationarität“ kann unter Verwendung des ADF-Tests bei 5% Irrtumswahrscheinlichkeit für beide Zeitreihen nicht verworfen werden. Die Nullhypothese „Stationarität“ wird unter Anwendung des KPSS-Tests auf einem 99% Signifikanzniveau

<sup>5</sup> Das Ignorieren von Strukturbrüchen kann zu suboptimalen Investitionsentscheidungen führen (Khajuria et al., 2009).

verworfen. Daher werden die DB-Zeitreihen von Weizen und MSC mit dem nicht-stationären arithmetischen Brownschen Prozess (ABP) modelliert. Der ABP erscheint besonders für die Modellierung von DB-Zeitreihen plausibel, da er – im Unterschied zum (nicht-stationären) GB – negative Werte für die stochastische Variable zulässt. Der ABP ist ein Markov Prozess, d.h. dass die Wahrscheinlichkeitsverteilung für die zukünftigen Werte des DB ausschließlich vom letzten Beobachtungswert abhängig ist (Dixit und Pindyck, 1994, 65 ff.).

Wir verwenden für die stochastische Simulation die zeitdiskrete- und zustandsstetige Version des ABP:

$$DB_t^m = DB_{t-1}^m + \alpha^m + \sigma^m \cdot \varepsilon_t, \text{ mit } m = \text{MSC, Weizen} \quad (6)$$

$DB_t^m$  ist der DB der Produktionsaktivität  $m$  zum Zeitpunkt  $t$ . Der Parameter  $\alpha^m$  ist die Drift.  $\sigma^m$  ist die Standardabweichung der absoluten Wertänderung der jeweiligen Produktionsaktivität. Die Standardabweichung wird mit der standardnormalverteilten Gaußschen Zufallszahl  $\varepsilon_t$  multipliziert. Ein zweiseitiger t-Test ergibt, dass die Drift der Zeitreihen von MSC und Weizen auf einem 95% Signifikanzniveau nicht verschieden von null ist (MSC: p-Wert = 0,43; Weizen: p-Wert = 0,94). Daraus können wir schließen, dass der Erwartungswert jeweils dem zuletzt beobachteten Wert entspricht. Die Standardabweichung des ABP für MSC liegt bei 235 €/ha. Für Weizen beträgt sie 397 €/ha. Die Korrelation der DB von MSC und Weizen beträgt 0,29.

### 3.2. Berechnung der risikoangepassten Zinssätze

Es gilt, den Kalkulationszinsfuß  $i$  zur Diskontierung der Ein- und Auszahlungen zu bestimmen. Im Fall des risikoneutralen Landwirtes kann für beide (unterschiedlich riskanten Produktionsalternativen) der risikolose Zinssatz verwendet werden. Zur Berechnung wird der Mittelwert der nominalen Renditen von Bundeswertpapieren mit einer Restlaufzeit von 15 bis 30 Jahren von 1980 bis 2011 bestimmt, welcher bei 5,7% pro Jahr liegt (Deutsche Bundesbank, 2013). Die durchschnittliche Inflationsrate über diesen Zeitraum liegt bei 1,94% (IHK, 2013). Wir verwenden die reale Verzinsung, die bei 3,69% pro Jahr liegt, als risikolosen Zinssatz. Eine Veränderung des risikolosen Zinssatzes würde sich auf die qualitative Aussage der Ergebnisse nicht auswirken.

Da die Risikoeinstellung die Investitionsentscheidungen beeinflussen kann, berücksichtigen wir in unseren Berechnungen unterschiedliche Grade von Risikoaversion (vgl. Isik und Khanna, 2003; Hugonnier und Morellec, 2005). Ziel ist die Bestimmung des

Einflusses der Risikoaversion auf die Umstellungstrigger. Um die Risikoeinstellung zu berücksichtigen, liegt es nahe, risikoangepasste Zinssätze zu verwenden (Laux et al., 2012, 462-464). Da das DB-Risiko in der Weizen- und MSC-Produktion verschieden ist, sind die jeweiligen risikoangepassten Zinssätze der Produktionsaktivitäten unterschiedlich. Der risikoangepasste Zinssatz  $i^m$  der Produktionsaktivität  $m$  ist folgendermaßen definiert:

$$i^m = r + \rho^m, \text{ mit } m = \text{MSC, Weizen} \quad (7)$$

$r$  entspricht dem risikolosen Zinssatz.  $\rho^m$  entspricht dem Risikozuschlag auf den risikolosen Zinssatz. Häufig wird der Risikozuschlag parametrisiert, da die empirische Bestimmung der Risikoeinstellung von Entscheidern schwierig ist (Gebremedhin und Gebrelul, 1992; Berg, 2003; Hudson et al., 2005). Das machen wir auch und – um das unterschiedliche Risiko der betrachteten Produktionsalternativen zu berücksichtigen – bestimmen wir den Risikozuschlag nach Mußhoff et al. (2013) entsprechend folgender Gleichung (siehe auch Anhang A2):

$$\rho^m = (1 + rf) \cdot \left[ \left( \frac{E(GM_N^m)}{E(GM_N^m) - RP_N^m} \right)^{\frac{1}{N}} - 1 \right], \text{ mit } m = \text{MSC, Weizen} \quad (8)$$

$E(DB_N^m)$  ist der Erwartungswert des DB und  $RP_N^m$  entspricht der Risikoprämie der Produktionsaktivität  $m$ .  $N$  ist die Länge des Diskontierungszeitraums. Wir schätzen die Risikoprämien unter Annahme einer Potenzrisikonutzenfunktion und verschiedenen Risikoaversionskoeffizienten  $\theta$ . Die Risikoaversionskoeffizienten werden parametrisiert von  $\theta = 0, 0,2, 0,4, 0,6$  bis  $0,8$ . Dabei steht  $\theta = 0$  für einen risikoneutralen und  $\theta = 0,8$  für einen stark risikoaversen Landwirt (Holt und Laury, 2002). Zudem haben die Standardabweichungen sowie die DB von Weizen und MSC im Jahr null Einfluss auf die Risikoprämie und damit auf den Risikozuschlag für den risikolosen Zinssatz der jeweiligen Anbaualternative. Da keine Drift vorhanden ist, gleicht der DB der Alternativen im Jahr null dem Erwartungswert. Je höher die Standardabweichung in Bezug auf den DB im Jahr null ist, desto höher ist auch die Risikoprämie. Bezüglich der Länge der Diskontierungsperiode gehen wir aus Vereinfachungsgründen von einer Diskontierungsperiode von 1 aus.<sup>6</sup> Hinsichtlich des DB für Weizen und MSC im Jahr null starten wir mit einem DB in Höhe von 519 €/ha, der dem Mittelwert der DB-Zeitreihe von

<sup>6</sup> Die Länge der Diskontierungsperiode bestimmt den Effekt der Risikoaversion auf den Risikoaufschlag (Gleichung (8)) und damit auf die Ergebnisse. Im Fall einer Veränderung der Länge der Diskontierungsperiode bleibt allerdings die qualitative Aussage der Ergebnisse unverändert.

Weizen entspricht. Die sich ergebenden risikoangepassten Zinssätze sind in Tabelle 1 dargestellt. Da Weizen aufgrund der höheren Standardabweichung die riskantere Produktionsalternative ist, sind die risikoangepassten Zinssätze von Weizen höher als die von MSC.

**Tabelle 1**

Risikoangepasste Zinssätze bei unterschiedlichen Risikoeinstellungen <sup>a)</sup>

	Risikoneutral	Risikoavers			
	$\theta = 0,0$	$\theta = 0,2$	$\theta = 0,4$	$\theta = 0,6$	$\theta = 0,8$
<b>MSC</b>					
<b>Weizen</b>	3,69%	4,84%	6,05%	7,30%	8,60%
		7,49%	11,98%	17,20%	23,09%

<sup>a)</sup>  $N = 1$ ,  $E(DB_N^m) = 519$  €/ha

Alle Modellannahmen sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Bei numerischen Optionsbewertungsverfahren muss eine unendliche Laufzeit durch eine endliche Laufzeit approximiert werden (vgl. Mußhoff, 2012). Der verwendete Betrachtungszeitraum beträgt in unseren Berechnungen 500 Jahre. Der daraus resultierende Approximationsfehler kann vernachlässigt werden, da z. B. der Barwert einer Einzahlung in Höhe von 100 000 € in 500 Jahren bei einem Zinssatz von 3,69% weniger als 1 Cent beträgt. Die stochastische Simulation wird mit 50 000 Simulationsläufen durchgeführt. Dies scheint ausreichend, da z. B. Haug (1998, 140) 10 000 Simulationsläufe vorschlägt.

**Tabelle 2**

Übersicht der Modellannahmen

Investitionskosten MSC $IC$ :	2 406 €/ha
Nutzungsdauer MSC:	21 Jahre/25 Jahre
Mittleres jährliches Ertragsniveau MSC:	18 $t_{TM}$ /ha
Variable Kosten MSC:	453 €/ha
Rekultivierungskosten MSC $RC$ :	167 €/ha
Durchschnittliches Ertragsniveau Weizen:	8 t/ha
Variable Kosten Weizen:	106 €/t
Möglicher Zeitraum der Investition/Desinvestition:	500 Jahre zur Approximation an einen unendlichen Umstellungszeitraum (mit jährlicher Umstellungs- und Rekultivierungsmöglichkeit)
Stochastischer Prozess der DB für MSC und Weizen:	Arithmetisch Brownscher Prozess (ABP)
Prozessparameter:	
Drift MSC $\alpha^{MSC}$ und Weizen $\alpha^W$ :	0 €/Jahr
Standardabweichung MSC $\sigma^{MSC}$ :	235 €/Jahr
Standardabweichung Weizen $\sigma^W$ :	397 €/Jahr
Korrelation der DB von MSC und Weizen:	0,29



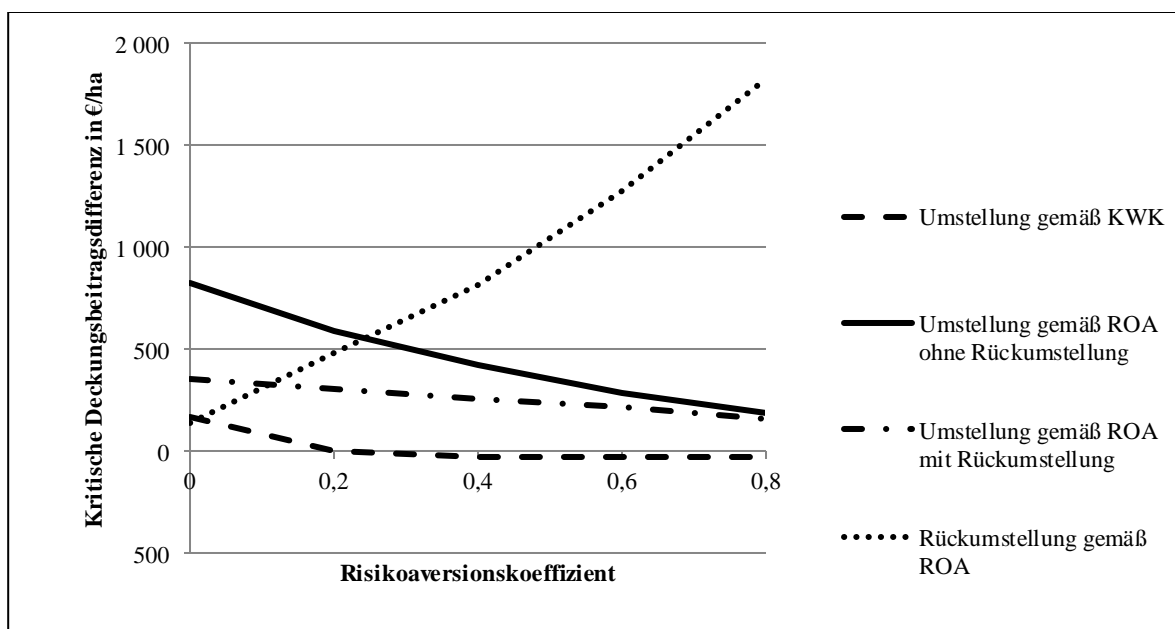
#### 4. Ergebnis

Tabelle 3 und Abbildung 2 veranschaulichen die Ergebnisse in Form der kritischen Deckungsbeitragsdifferenzen, ab denen ein rational handelnder Landwirt seine Produktion bei einer Nutzungsdauer von 21 Jahren zum einen gemäß traditioneller Investitionstheorie und zum anderen gemäß ROA umstellen sollte.<sup>7</sup>

**Tabelle 3**

Kritische Deckungsbeitragsdifferenzen der Umstellung und Rückumstellung für verschiedene Risikoeinstellungen bei einer Nutzungsdauer von 21 Jahren (€/ha)

Theorie	Rückumstellungs- möglichkeit		Risikoavers				
			Risiko- neutral	$\theta = 0,0$	$\theta = 0,2$	$\theta = 0,4$	$\theta = 0,6$
KWK	Nicht berücksichtigt	Umstellung $\Delta DB_t^{MSC^*M}$	172	6	-27	-25	-25
	Berücksichtigt	Umstellung $\Delta DB^{MSC^*}$	830	595	425	291	189
ROA	Nicht berücksichtigt	Umstellung $\Delta DB^{MSC^*}$	360	305	260	213	155
	Berücksichtigt	Rück- umstellung $\Delta DB^{W^*}$	141	480	820	1 276	1 823



**Abb. 2.** Verlauf der kritischen Deckungsbeitragsdifferenzen in Abhängigkeit vom Risikoaversionskoeffizienten

<sup>7</sup> Wir haben die Berechnungen unseres Modells nicht nur auf der Basis kanadischer Weizenpreise durchgeführt. Zur Überprüfung unserer Ergebnisse haben wir auch die amerikanischen Weizenpreise zugrundegelegt. Die Ergebnisse stimmen qualitativ überein.

Die kritische Deckungsbeitragsdifferenz der Umstellung von Weizen auf MSC gemäß KWK beträgt für einen risikoneutralen Landwirt 172 €/ha. Bei einem DB von Weizen im Jahr null in Höhe von 519 €/ha sollte der risikoneutrale Landwirt nach KWK seine Produktion von Weizen auf MSC umstellen, wenn der DB des MSC-Anbaus gleich oder höher als 691 €/ha ist. In diesem Fall sind die Investitions- und Rekultivierungskosten sowie die Opportunitätskosten aus der verdrängten Weizenproduktion gedeckt.

Berücksichtigt man die Irreversibilität und zeitliche Flexibilität der Investition sowie Unsicherheit hinsichtlich der Rückflüsse und wendet den ROA an, sollte der risikoneutrale Landwirt noch nicht umstellen, wenn lediglich die Investitions- und Rekultivierungskosten sowie die Opportunitätskosten aus der verdrängten Weizenproduktion gedeckt sind. Er sollte vielmehr erst umstellen, wenn die kritische Deckungsbeitragsdifferenz der Umstellung 830 €/ha beträgt bzw. bei einem DB von Weizen im Jahr null in Höhe von 519 €/ha der DB des MSC-Anbaus gleich oder höher als 1 349 €/ha ist.

Die deutlich höheren Investitions- bzw. Umstellungstrigger des ROA, bedingt durch die Berücksichtigung der Opportunitätskosten über die Zeit, lassen viele ROA-Studien in unterschiedlichen Kontexten zu der Schlussfolgerung kommen, dass der ROA ein Erklärungspotenzial für die beobachtete Investitions- bzw. Umstellungszurückhaltung der Landwirte hat. Dabei bleibt allerdings die Desinvestitions- bzw. Rückumstellungsmöglichkeit innerhalb der Nutzungsdauer vielfach unberücksichtigt. Um die damit möglicherweise verbundene Fehlschätzung der Trigger von Weizen auf MSC zu bestimmen, wird nachfolgend die Rückumstellungsmöglichkeit innerhalb der Nutzungsdauer berücksichtigt. Es zeigt sich, dass für einen risikoneutralen Landwirt die kritische Deckungsbeitragsdifferenz der Umstellung von Weizen auf MSC gemäß ROA 360 €/ha beträgt. Folglich führt die Berücksichtigung der Rückumstellungsmöglichkeit innerhalb der Nutzungsdauer, die dem Landwirt die zusätzliche Flexibilität verschafft, bei c.p. steigenden DB von Weizen die Produktionsform wechseln zu können, zu wesentlich niedrigeren ROA-Umstellungstriggern. Damit ist die Berücksichtigung der Rückumstellungsmöglichkeit bei der Berechnung aussagekräftiger Trigger gemäß ROA zumindest im Fall des risikoneutralen Landwirtes entscheidend. Dennoch ist der Umstellungstrigger des ROA deutlich höher als der Umstellungstrigger gemäß traditioneller Investitionstheorie. Im Fall der Umstellungsmöglichkeit von Weizen auf MSC kann der ROA also auch mit Berücksichtigung der Rückumstellungsmöglichkeit immer noch ein möglicher Erklärungsansatz für die Zurückhaltung der Landwirte darstellen.

Dem ROA folgend, liegt die kritische Deckungsbeitragsdifferenz der Rückumstellung von MSC auf Weizen für den risikoneutralen Landwirt bei 141 €/ha. Daher sollte ein rational handelnder risikoneutraler Landwirt bei einem DB von Weizen im Jahr null in Höhe von 519 €/ha wieder auf die Weizenproduktion umstellen, wenn der DB von MSC unter 378 €/ha fällt.

Wenn Risikoaversion berücksichtigt wird, sinken die kritischen Deckungsbeitragsdifferenzen der Umstellung von Weizen auf MSC im Vergleich zur Betrachtung risikoneutraler Landwirte. So sinken die Deckungsbeitragsdifferenzen des Marshallian-Trigger bis zum Risikoaversionskoeffizienten von  $\theta = 0,8$  auf -25 €/ha. Die Erklärung für den degressiven Verlauf der Umstellungstrigger liegt in der Verwendung risikoangepasster Zinssätze. Mit zunehmender Risikoaversion steigen die risikoangepassten Zinssätze an (Gleichung (8)). Weizen ist die riskantere Produktionsalternative (Tabelle 2), weshalb auch die risikoangepassten Zinssätze zur Diskontierung der Weizenpreiszeitreihe höher sind als die für MSC (Tabelle 1). Dies führt dazu, dass der MSC-Anbau mit zunehmender Risikoaversion an relativer Vorzüglichkeit gewinnt.

Die kritischen Deckungsbeitragsdifferenzen der Umstellung gemäß ROA von Weizen auf MSC zeigen ebenfalls einen degressiven Verlauf. Die Umstellungstrigger nehmen mit zunehmenden Risikoaversionskoeffizienten ab. Bei Anwendung des ROA sollte ein risikoaverser Landwirt deutlich eher auf MSC umstellen als ein risikoneutraler Landwirt, da die DB von MSC stabiler sind. Dies gilt sowohl für die Betrachtung der Umstellungstrigger mit Rückumstellungsmöglichkeit sowie für die Umstellungstrigger ohne diese Möglichkeit. Die Nicht-Berücksichtigung der Rückumstellungsmöglichkeit hat allerdings mit zunehmendem Risikoaversionskoeffizienten nicht mehr so gravierende Auswirkungen, da sich die kritischen Deckungsbeitragsdifferenzen der Umstellung nach ROA mit und ohne Berücksichtigung der Rückumstellungsmöglichkeit annähern.

Die kritischen Deckungsbeitragsdifferenzen der Rückumstellung von MSC auf Weizen steigen mit zunehmenden Risikoaversionskoeffizienten deutlich an. Dies zeigt, dass risikoaverse Landwirte MSC präferieren sollten und eine Rückumstellung unwahrscheinlicher sein sollte als bei c.p. risikoneutralen Landwirten. Ursache für den Anstieg der kritischen Deckungsbeitragsdifferenzen sind die risikoangepassten Zinssätze. Der risikoangepasste Zinssatz für Weizen ist höher als für MSC, da die Standardabweichung der DB von Weizen höher ist. Im Fall von Risikoaversion würde ein anderer risikoloser Zinssatz die im risikoangepassten Zinssatz enthaltene Risikoprämie nicht verändern. Allerdings würden sich die Trigger aufgrund eines anderen Zinssatzes

verändern. Obwohl es in Bezug auf die Trigger zu anderen Werten käme, würde sich die qualitative Richtung der Ergebnisse nicht verändern.

**Tabelle 4**

Kritische Deckungsbeitragsdifferenzen der Umstellung und Rückumstellung für verschiedene Risikoeinstellungen bei einer Nutzungsdauer von 25 Jahren (€/ha)

Theorie	Rückumstellungsmöglichkeit		Risiko-neutral	Risikoavers				
			$\theta = 0,0$	$\theta = 0,2$	$\theta = 0,4$	$\theta = 0,6$	$\theta = 0,8$	
KWK	Nicht berücksichtigt	Umstellung $\Delta DB_t^{MSC^*M}$	170	1	-32	-40	-40	
	Nicht berücksichtigt	Umstellung $\Delta DB^{MSC^*}$	876	627	434	290	184	
ROA	Berücksichtigt	Umstellung $\Delta DB^{MSC^*}$	357	302	256	210	151	
		Rückumstellung $\Delta DB^{W^*}$	146	506	868	1 387	1 986	

Nachfolgend wird die Auswirkung einer längeren Nutzungsdauer von MSC auf die Trigger bestimmt. Tabelle 4 veranschaulicht die Umstellungstrigger bei einer Nutzungsdauer von 25 Jahren. Es ist zu erkennen, dass sich die kritischen Deckungsbeitragsdifferenzen der Umstellung sowohl der klassischen Investitionstheorie als auch nach ROA mit und ohne Berücksichtigung der Rückumstellungsmöglichkeit geringfügig verändern. Nach klassischer Investitionstheorie ist die kritische Deckungsbeitragsdifferenz der Umstellung des risikoneutralen Landwirtes lediglich um 2 €/ha geringer, wenn sich die Nutzungsdauer auf 25 Jahre verlängert. Im Fall des risikaversen Landwirtes mit  $\theta = 0,8$  ist die Deckungsbeitragsdifferenz der Umstellung bei einer 25-jährigen Nutzungsdauer um 15 €/ha geringer als die der 21-jährigen Nutzungsdauer. Folglich ist die relative Vorzüglichkeit einer längeren Nutzungsdauer bei einem risikoaversen Entscheider größer als bei einem risikoneutralen, was durch den bei MSC geringeren risikoangepassten Zinssatz begründet ist. Bezugnehmend auf den ROA ohne Berücksichtigung von Rückumstellungsmöglichkeiten ist der Umstellungstrigger bei einer 25-jährigen Nutzungsdauer um 46 €/ha höher als bei kürzerer Nutzungsdauer. Da der Landwirt bei einer längeren Nutzungsdauer länger an MSC gebunden ist und deshalb seine unternehmerische Flexibilität abnimmt, ist der Umstellungstrigger der längeren Nutzungsdauer höher. Allerdings ändert sich dies bei zunehmender Risikoaversion. So sind die Umstellungstrigger bei einem  $\theta = 0,6$  ungefähr gleich und bei einem  $\theta = 0,8$  ist der Umstellungstrigger der längeren Nutzungsdauer geringer als der der kürzeren. Wird die Desinvestitionsmöglichkeit allerdings berücksichtigt, sind die Umstellungstrigger

unabhängig von der Risikoeinstellung ungefähr 3 €/ha geringer. Die Rückumstellungstrigger des ROA steigen mit zunehmender Nutzungsdauer. Auch wird der Abstand zwischen den Rückumstellungstriggern größer, je risikoaverser der Landwirt ist. Wir können daher schlussfolgern, dass der Fehler einer Nicht-Berücksichtigung der Rückumstellungsmöglichkeit im Fall des ROA mit zunehmender Nutzungs- bzw. Bindungsdauer zunimmt.

## 5. Fazit und Ausblick

Vorliegende Untersuchungen zeigen, dass die Nutzung landwirtschaftlicher Flächen für den Anbau von MSC im Vergleich zu klassischen Ackerkulturen ökonomisch interessant sein kann. Daher ist es verwunderlich, dass deutsche Landwirte nicht auf MSC umstellen und die tatsächliche Anbaufläche von MSC in Deutschland nach wie vor relativ gering ist. Die traditionelle Investitionstheorie, welche häufig herangezogen wird, um Investitionsentscheidungen zu unterstützen, vernachlässigt die zeitliche Flexibilität, Irreversibilität und Unsicherheit von Investitionen. Der ROA, der auch als neue Investitionstheorie bezeichnet wird, berücksichtigt diese Aspekte. In anderen ROA-Anwendungen, wie der Bewertung der Umstellung von Stilllegungsflächen auf Kurzumtriebsplantagen, wurde festgestellt, dass die Umstellungstrigger des ROA höher sind als die der traditionellen Investitionstheorie. Häufig wird daraus geschlussfolgert, dass der ROA ein Erklärungspotenzial für die Zurückhaltung der Landwirte bei der Umstellung auf Kurzumtriebsplantagen besitzt. Allerdings vernachlässigen viele ROA-Studien auch in anderen Kontexten die Möglichkeit einer Desinvestition. Entscheidungsträger bzw. Landwirte haben in der Realität eine höhere Flexibilität, als in den Studien berücksichtigt wird. Es besteht daher die Gefahr, dass es zu einer Überschätzung der Investitions- bzw. Umstellungstrigger kommt. Die zentrale Forschungsfrage dieser Studie ist daher, ob der ROA mit Berücksichtigung von Desinvestitionen bzw. der Rückumstellungsmöglichkeit innerhalb der Nutzungsdauer die Umstellungszurückhaltung der Landwirte auf MSC erklären kann. Wir verwenden eine Kombination aus stochastischer Simulation und GA und können zwei Unsicherheitsvariablen und unterschiedliche Risikoeinstellungen der Entscheider berücksichtigen.

Unsere Berechnungen zeigen, dass die Trigger, von Weizen auf MSC umzustellen, des ROA höher sind als die der traditionellen Investitionstheorie. Allerdings sinkt der Umstellungstrigger, dem ROA folgend, bei Berücksichtigung der Rückumstellungsmöglichkeit insbesondere bei Annahme eines risikoneutralen Entscheiders. Mit steigendem Grad an Risikoaversion sinken die Umstellungstrigger der

traditionellen Investitionstheorie und des ROA. Dies ist dadurch zu erklären, dass Weizen die riskantere Produktionsalternative ist und risikoaverse Landwirte daher c.p. eher auf MSC umstellen sollten. Dies begründet auch den mit steigender Risikoaversion abnehmenden Fehler, der durch die Vernachlässigung der Rückumstellungsmöglichkeit entsteht. Dennoch sind sowohl die Umstellungstrigger des ROA mit als auch ohne Berücksichtigung der Rückumstellungsmöglichkeit höher als die Umstellungstrigger der traditionellen Investitionstheorie. Daraus schlussfolgern wir, dass der ROA die Zurückhaltung der Landwirte, auf MSC umzustellen, zumindest teilweise erklären kann. Eine Verlängerung der Nutzungsdauer führt zu leicht sinkenden Umstellungstriggern und einem höheren Desinvestitionstrigger, wenn die Rückumstellungsmöglichkeit berücksichtigt wird. Es zeigt sich, dass der Fehler einer Nicht-Berücksichtigung der Rückumstellungsmöglichkeit im Fall von MSC und Weizen mit der Länge der Nutzungsdauer zunimmt.

Aus agrar- und forstpolitischer Sicht sind unsere Ergebnisse relevant, da sie den politischen Entscheidungsträgern zeigen, dass der ROA im Vergleich zur traditionellen Investitionstheorie den Landwirten empfiehlt, zurückhaltender zu investieren bzw. umzustellen. Neben den allgemein bekannten Determinanten einer Investitionsentscheidung, wie der Höhe der Investitionskosten und der Rückflüsse der Investition, sind weitere Aspekte, wie z. B. die Auswirkungen der Flexibilität einer zeitlichen Verschiebung des Investitionsvorhabens, bei der Bewertung des Investitionsvorhabens zu berücksichtigen. Wenn der politische Wille besteht, die Anbaufläche von MSC auszuweiten, kann eine Möglichkeit die Erhöhung der Rentabilität des Anbaus sein. Zu diesem Zweck könnten z. B. Anbausubventionen gewährt werden. Die Wirkung dieser Maßnahme könnte durch deren zeitliche Befristung verstärkt werden. Eine zeitliche Befristung würde dazu führen, dass die Flexibilität des Landwirts, die Anbausubvention bei einer Investitionsdurchführung noch zu erhalten, abnimmt, je näher er dem Ende der zeitlichen Befristung kommt. Somit würden die Opportunitätskosten über die Zeit gesenkt und die Umstellungsentscheidung würde sich einer „Jetzt-oder-Nie-Entscheidung“ annähern. Eine weitere Möglichkeit bestünde darin, Instrumente zur Risikoreduzierung wie z. B. Anbauverträge mit Mindestpreisen einzurichten, um risikoaversen Landwirten einen Anreiz zu geben, auf den MSC-Anbau umzustellen. In diesem Fall würde die Standardabweichung des DB von MSC weiter abnehmen und der Effekt der Bevorzugung des MSC-Anbaus durch den risikoangepassten Zinssatz erhöhen. Folglich würden die Umstellungstrigger der risikoaversen Landwirte weiter sinken.

Auch wenn der ROA helfen kann, die in der Realität oftmals zu beobachtende Umstellungszurückhaltung der Landwirte zu erklären, können wir in dieser Untersuchung nicht feststellen, wie hoch der tatsächliche Anteil des Erklärungsgehalts des ROA ist. Um diesen zu bestimmen, könnten Experimente mit dem Ziel, andere Ursachen der Umstellungszurückhaltung zu separieren, helfen. Andere Ursachen könnten z. B. das traditionalistische Verhalten der Landwirte sein, nachwachsende Rohstoffe wie MSC mit einer langen Produktionsdauer anzubauen. Darüber hinaus könnten hohe Informationsbeschaffungskosten, die aus der mangelnden Erfahrung im Anbau von MSC resultieren, ein weiterer Grund für die Zurückhaltung der Landwirte sein. Folglich könnte die subjektive und tatsächliche Unsicherheit größer sein als die über die Zeitreihenanalyse gefundene (messbare) Unsicherheit. Auch könnte die Zurückhaltung der Landwirte von der „Furcht“, in einem Hanau'schen Schweinezyklus zu landen, eine Rolle spielen. Wenn die gegenwärtige Vorteilhaftigkeit von MSC viele Landwirte zur Umstellung veranlasst, sind die zukünftigen Preise geringer als in Planungsrechnungen angenommen. Folglich wären Trend und Volatilität der Preise nicht exogen.

### **Danksagung**

Die Autoren bedanken sich bei zwei anonymen Reviewern und Martin Banse für hilfreiche Kommentare und Verbesserungsvorschläge. Zudem bedanken wir uns für die finanzielle Unterstützung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF; FKZ: 033L033A).

## Literaturverzeichnis

- Anderson, J.R., 1974. Risk efficiency in the interpretation of agricultural production research. *Review of Marketing and Agricultural Economics* 43 (3), 131-184.
- Artavia, M., Deppermann, A., Filler, G., Grethe, H., Häger, A., Kirschke, D., Odening, M., 2010. Ertrags- und Preisinstabilität auf Agrarmärkten in Deutschland und der EU, In: 50. GEWISOLA-Tagung, Oktober/November 2010, Braunschweig, Deutschland.
- Behan, J., McQuinn, K., Roche, M.J., 2006. Rural land use: traditional agriculture or forestry? *Land Economics* 81 (1), 112-123.
- Berg, E., 2003. Modeling the impacts of uncertainty and attitudes towards risk on production decisions in arable farming, In: *International Association of Agricultural Economists 25th International Conference of the IAAE*, August 2003, Durban, South Africa, Milwaukee.
- Bettinger, P., Boston, K., Siry J.P., 2009. *Forest Management and Planning*. Elsevier, Oxford.
- Billen, N., Angenendt, E., Bakara, H., Konold, A., Prade, C., Stahr, K., Zeddies, J., 2009. Abschätzung der Produktionspotenziale für den Anbau von Energiepflanzen zur CO<sub>2</sub>-Bindung in Baden-Württemberg und deren ökologische und ökonomische Bewertung, *BWK 27003: 2. Statusbericht für 2008*, 1-12.
- Bullard, M., 2001. Economics of Miscanthus production, In: Jones, M.B., Walsh, M. (Hrsg.): *Miscanthus for Energy and Fibre*. Routledge. London, 155-171.
- C.A.R.M.E.N e.V., 2012. Preisentwicklung bei Waldhackschnitzeln, *Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing-und-Entwicklungs-Netzwerk e. V., Meissen*, URL: <<http://www.carmen-ev.de/infothek/preisindizes/hackschnitzel>> (zitiert 08. Aug. 2012).
- Clifton-Brown, J.C., Stampfl, P.F., Jones, M.B., 2004. Miscanthus biomass production for energy in Europe and its potential contribution to decreasing fossil fuel carbon emissions. *Global Change Biology* 10 (4), 509-518.
- Deutsche Bundesbank, 2012. Nominale Renditen von Bundeswertpapieren mit einer Restlaufzeit von 15 bis 30 Jahren. Frankfurt am Main, URL: <<http://www.bundesbank.de/Navigation/DE/Statistiken/statistiken.html?lang=de&open%20=&func=row&tr=WU3975#comm>> (zitiert 04. Okt. 2012).
- Dickey, D.A., Fuller, W.A., 1981. Likelihood ratio statistics of autoregressive time series with a unit root. *Econometrica* 49 (4), 1057-72.



- Dixit, A.K., Pindyck, R.S., 1994. *Investment under Uncertainty*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Dohleman, F.G., Long, S.P., 2009. More productive than Maize in the Midwest: How does *Miscanthus* do it? *Plant Physiology* 150 (4), 2104-2115.
- Duku-Kaakiyre, A., Nanang, D.M., 2004. Applications of real options theory to forest investment analysis. *Forest Policy and Economics* 6 (6), 539-552.
- Enders, W., 2003. *Applied Economic Time Series*. 2nd ed. Wiley, New York.
- FAO (Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen), 2013a. Weizenerträge von 1970 bis 2011, Rom, URL: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>> (zitiert 06. Okt. 2013).
- FAO (Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen), 2013b. Weizenpreise Kanada von 1970 bis 2011, Rom, URL: <<http://faostat.fao.org/site/703/de fault.aspx#ancor>> (zitiert 06. Okt. 2013).
- Fritz, M. und B. Formowitz, 2009. *Miscanthus: Anbau und Nutzung – Informationen für die Praxis*. Berichte aus dem TFZ 19, Straubing.
- Gebremedhin, T.G., Gebreul, S., 1992. An investment analysis of meat goat enterprises for small-scale producers. *Review of Agricultural Economics* 14 (1), 45-53.
- Gjolberg, O., Guttormsen, A.G., 2002. Real options in forest: what if prices are mean-reverting? *Forest Policy and Economics* 4 (1), 13-20.
- Goldberg, D.E., 1989. *Genetic Algorithm in Search, Optimization, and Machine Learning*. Addison Wesley, Boston.
- Haug, E.G., 1998. *The Complete Guide to Option Pricing Equations*. McGraw-Hill, New York.
- Hawliczek, I., 2001. Verbraucherpreise für Kraftstoffe und Heizöl von 1970 bis 2000. *Statistische Monatshefte Rheinland-Pfalz* 2001 (3), 50-57.
- Heaton, R.J., Randerson, P.F., Slater, F.M., 1999. The economics of growing short rotation coppice in the uplands of mid-wales and an economic comparison with sheep production. *Biomass and Bioenergy* 17 (1), 59-71.
- Holland, J.H., 1975. *Adaption in Natural and Artificial Systems*. MIT Press, Ann Arbor.
- Holt, C.A., S.K. Laury, S.K., 2002. Risk aversion and incentive effects. *American Economic Review* 92 (1), 1644-1655.
- Hudson, D., Coble, K., Lusk, J., 2005. Consistency of risk premium measures. *Agricultural Economics* 33 (1), 41-49.

- Hugonnier, J., Morellec, E., 2005. Real options and risk aversion, National Centre of Competence in Research, Financial Valuation and Risk Management, Working Paper no. 231, Zurich, URL: <[http://www.econbiz.de/archiv1/2008/50190\\_real\\_options\\_risk.pdf](http://www.econbiz.de/archiv1/2008/50190_real_options_risk.pdf)> (zitiert 02. November 2012).
- Hull, J.C., 2009. Options, Futures and Other Derivatives. 7th ed. Prentice-Hall, Upper Saddle River.
- IHK (Industrie und Handelskammer), 2012. Inflationsraten von 1970 bis 2011. Muenster, URL: <[http://www.ihk-nordwestfalen.de/fileadmin/medien/02\\_Wirtschaft/00\\_Standortpolitik/Analysen\\_Positionen/medien/Inflationsrate\\_Deutschland.pdf](http://www.ihk-nordwestfalen.de/fileadmin/medien/02_Wirtschaft/00_Standortpolitik/Analysen_Positionen/medien/Inflationsrate_Deutschland.pdf)> (zitiert 27. Okt. 2012)
- Isik, M., Khanna, M., 2003. Stochastic technology, risk preferences, and adoption of site-specific technologies. *American Journal of Agricultural Economics* 85 (2), 305-317.
- IWO (Insitut fuer Warme und Oeltechnik), 2012. Heizölpreise von 2000 bis 2012, Hamburg.
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.), 2009. Faustzahlen für die Landwirtschaft, Darmstadt.
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.), 2012. Energiepflanzen – Daten für die Planung des Energiepflanzenanbaus, Darmstadt.
- Kaltschmitt, M., Hartmann, H., Hofbauer, H. 2009. Energie aus Biomasse: Grundlagen, Techniken und Verfahren, Springer Verlag, Berlin.
- Khajuria, R.P., Kant, S., Laaksonen-Craig, S., 2009. Valuation of timber harvesting options using a contingent claims approach. *Land Economics* 85 (4), 655-674.
- Kwiatkowski, D., Phillips, P.C.B., Schmidt, P., Shin, Y., 1992. Testing the Null Hypothesis of Stationarity Against the Alternative of a Unit Root: How Sure Are We That Economic Time Series Have a Unit Root? *Journal of Econometrics* 54 (1-3), 159-178.
- Laux, H., Gillenbeck, R.M., Schenk-Mathes, H.Y., 2012. Entscheidungstheorie. Springer-Verlag, Berlin.
- Lewandowski, I., 1998. Propagation method as an important factor in the growth and development of *Miscanthus x giganteus*. *Industrial Crops and Products* 8 (3), 229-245.
- LWK (Landwirtschaftskammer), 2011. Richtwertdeckungsbeiträge. Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Fachbereich 3.1, Betriebswirtschaft, Unternehmensberatung, Markt, Familie und Betrieb, Hannover.
- Mabee, W.E., Saddler, J.N., 2007. Forests and energy in OECD countries. Forests and energy, Working paper, University of British Columbia.

- Marron, N., Beimgraben, T., Bes de Berg, L., Broddeck, F., Eltrop, L., Focke, J., Haid, S., Haerdlein, M., Nahm, M., Pelz, S., Sauter, U.H., an den Kerchove, L., Weinreich, A., 2012. Cost reduction and efficiency improvement of short rotation coppice, In: CREF Final Report, Champenoux.
- McDonald, R., Siegel, D., 1986. The value of waiting to invest. *The Quarterly Journal of Economics* 101 (4), 707-728.
- Miguez, F.E., Villamil, M.B., Long, S.P., Bollero, G.A., 2008. Meta-analysis of the effects of management factors on *Miscanthus x giganteus* growth and biomass production. *Agricultural and Forest Metrology* 148 (8-9), 1280-1292.
- Mitchell, M., 1996. *An introduction in Genetic Algorithm*. MIT Press, Cambridge.
- Musshoff, O., 2012. Growing short rotation coppice on agricultural land in Germany: a real options approach. *Biomass and Bioenergy* 41 (June 2012), 73-85.
- Mußhoff, O., Odening, M., Schade, C., Maart, S., Sandri, S. 2013. Inertia in disinvestment decisions: Experimental evidence. *European Review of Agricultural Economics* 40 (3): 463-485.
- Strohm, K., Schweinle, J., Liesebach, M., Osterburg, B., Rödl, A., Baum, S., Nieberg, H., Bolte, A., Walter, K., 2012. Kurzumtriebsplantagen aus ökologischer und ökonomischer Sicht. *Arbeitsberichte aus der vTI-Agrarökonomie* 6, Braunschweig.
- Trigeorgis, L., 1996. *Real Options*. MIT Press. Cambridge.
- Von Ledebur, O., Schmitz, J., 2012. Price volatility of the German agricultural markets, in: *Price volatility and farm income stabilization: modelling outcomes and assessing market and policy based responses*, 123rd EAAE Seminar, February 2012, Dublin, Ireland.

## Anhang

### A1. Bestimmung der optimalen kritischen Deckungsbeitragsdifferenzen der Umstellung und Rückumstellung

Die Bestimmung der optimalen kritischen Deckungsbeitragsdifferenzen wird wie folgt vorgenommen:

1. Jeweils eine kritische Deckungsbeitragsdifferenz der Umstellung und eine kritische Deckungsbeitragsdifferenz der Rückumstellung bilden ein Genom. In der ersten Generation wird eine bestimmte Anzahl von Genomen mit jeweils zwei zufällig bestimmten kritischen Deckungsbeitragsdifferenzen ausgewählt.
2. Unter Rückgriff auf die stochastische Simulation wird für jedes Genom der Barwert der Rückflüsse in jeder beobachteten Periode berechnet. Der Barwert der Rückflüsse für ein bestimmtes Jahr  $S_t$ , der als Differenz zwischen dem Barwert der Rückflüsse der realisierten Produktionsaktivität und dem Barwert der Rückflüsse der verdrängten Produktionsaktivität definiert ist, kann wie folgt bestimmt werden:
  - $S_t$  ist gleich dem Barwert des DB von Weizen abzüglich des Barwertes des DB von MSC, wenn das Ackerland für die Weizenproduktion in der vorherigen Periode verwendet wurde und eine Umstellung nicht stattfindet. Das Land wird in der folgenden Periode auch für die Weizenproduktion genutzt.
  - $S_t$  ist gleich dem negativen Barwert der Investitionskosten, wenn das Ackerland bis jetzt für die Weizenproduktion genutzt wurde und die Umstellung auf MSC jetzt stattfindet oder MSC in der vorherigen Periode rekultiviert wurde, weil das Ende der Nutzungsdauer erreicht war. Im letztgenannten Fall wird MSC ein weiteres Mal angebaut.
  - $S_t$  ist gleich dem Barwert des DB von MSC abzüglich des Barwertes des DB von Weizen, wenn das Land für den MSC-Anbau während seiner Nutzungsdauer verwendet wird und keine Rückumstellung stattfindet.
  - $S_t$  ist gleich dem Barwert des DB von MSC abzüglich des Barwertes des DB von Weizen und des Barwertes der Rekultivierungskosten, wenn das Land in der vorherigen Periode für den Anbau von MSC genutzt wurde und eine der beiden folgenden Bedingungen eintritt: Erstens, die Nutzungsdauer von MSC endet. Zweitens, es findet eine Rückumstellung innerhalb der Nutzungsdauer statt.

Die Barwerte der Rückflüsse für jeden Simulationslauf werden berechnet, indem man die Barwerte der Rückflüsse aller Jahre  $S_t$  aufsummiert. Die Summe der Barwerte entspricht dem Barwert der Rückflüsse eines Simulationslaufs, welcher auf der Grundlage eines bestimmten Paares der kritischen Deckungsbeitragsdifferenzen der Umstellung und Rückumstellung während des Betrachtungszeitraums ( $t = 0, 1, \dots, 500$ ) errechnet wurde. Mittels einer Vielzahl von Simulationsläufen kann man den durchschnittlichen Barwert der Rückflüsse über alle Simulationsläufe für jedes Genom bestimmen.

3. Die Genome werden entsprechend ihrer Fitness geordnet. Die Fitness bestimmt die Wahrscheinlichkeit des Überlebens eines Genoms bis zur nächsten Generation und ist abhängig vom durchschnittlichen Barwert der Rückflüsse. Je höher der Wert, desto besser ist die Fitness des jeweiligen Genoms. Eine bestimmte Anzahl von Genomen mit der höchsten Fitness wird in die nächste Generation übernommen. Die Genome mit niedrigerer Fitness werden durch jeweils bessere ersetzt, welche verdoppelt werden (Selektion und Replikation). Es ist außerdem notwendig, neue Genome zu generieren, weil die besseren Genome aus der vorherigen Generation nicht notwendigerweise die optimalen Genome beinhalten (Rekombination und Mutation).
4. Die Schritte 2 und 3 werden wiederholt, bis die Paare der kritischen Deckungsbeitragsdifferenzen homogen und stabil sind.
5. Der GA ist eine heuristische Methode, weswegen keine Garantie besteht, dass in dem jeweiligen Suchlauf das globale Optimum gefunden wird. Aus diesem Grund haben wir verschiedene Suchläufe mit unterschiedlichen Ausgangsgenomen durchgeführt, um die optimale kritische Deckungsbeitragsdifferenz der Umstellung und Rückumstellung zu identifizieren. Details zu den Parametern der Operatoren des GA und der stochastischen Simulation werden in Tabelle A1 veranschaulicht.

**Table A1**

## Parameter des GA und der stochastischen Simulation

Anzahl der Simulationsläufe:	50 000
Anzahl der Genome:	50
Operatoren des GA:	
Selektion:	Vervierfache die fünf fittesten Genome, verdreifache die nächsten fünf, verdopple die darauf folgenden zehn, reproduziere die nächsten 5 und lösche die verbleibenden 30.
Rekombination:	Beginnend nach den acht fittesten Genomen der Selektion wird das arithmetische Mittel eines Genoms mit dem vorangegangenen Nachbar mit einer Rekombinationswahrscheinlichkeit von 5% berechnet.
Mutation:	Beginnend nach den acht fittesten Genomen der Rekombination wird mit einer Mutationswahrscheinlichkeit von 20% eine Zufallszahl in einem Bereich von -2% bis 2% vom Wert eines Genoms dazu addiert.

## A2. Bestimmung der Risikoprämie

Die Berechnung der Risikoprämie geschieht wie folgt: Zu Beginn muss eine Risikonutzenfunktion bestimmt werden. Wir verwenden eine Potenzrisikonutzenfunktion, welche durch abnehmende absolute Risikoaversion und konstante relative Risikoaversion gekennzeichnet ist (Holt und Laury, 2002):

$$U(GM^m) = (DB^m)^{1-\theta}, \text{ mit } m = MSC, \text{ Weizen} \quad (\text{A1})$$

Während  $U$  für den Nutzen steht, ist  $\theta$  der Risikoaversionskoeffizient. Aus Vereinfachungsgründen nehmen wir die zustandsdiskrete Form des ABP an (Dixit und Pindyck, 1994, 65-74), um die risikoangepassten Zinssätze zu berechnen. Daher ist der Erwartungsnutzen der Produktionsalternative  $m$  wie folgt definiert:

$$E[U(DB^m)] = 0.5 \cdot U(DB^{m-}) + 0.5 \cdot U(DB^{m+}), \text{ mit } m = MSC, \text{ Weizen} \quad (\text{A2})$$

$DB^{m-}$  ist der DB der Alternative  $m$  zum Zeitpunkt 0 minus der Standardabweichung  $\sigma^m$ .  $DB^{m+}$  ist der DB der Alternative  $m$  zum Zeitpunkt 0 plus der Standardabweichung. Bei einer Drift von 0, ist die Eintrittswahrscheinlichkeit von  $DB^{m-}$  und  $DB^{m+}$  0,5.

Da das Sicherheitsäquivalent für einen risikoaversen Landwirt den gleichen Nutzen aufweist wie der Erwartungswert einer unsicheren Alternative, können wir das Sicherheitsäquivalent unter der Verwendung der Risikoaversionskoeffizienten berechnen. Das Sicherheitsäquivalent  $S\ddot{A}^m$  der Alternative  $m$  entspricht:

$$E[U(DB^m)]^{\frac{1}{1-\theta}} = S\ddot{A}^m, \text{ mit } m = MSC, \text{ Weizen} \quad (\text{A3})$$

Wir benötigen das Sicherheitsäquivalent, um die Risikoprämie  $RP^m$  zu bestimmen. Die Risikoprämie ist als die Differenz zwischen dem Erwartungswert des DB der Alternative  $m$  und dem Sicherheitsäquivalent der jeweiligen Alternative definiert.

$$RP^m = E(DB^m) - S\ddot{A}^m, \text{ mit } m = MSC, \text{ Weizen} \quad (\text{A4})$$

Die Risikoprämie dient der Berechnung des Risikozuschlags auf den risikolosen Zinssatz  $\rho^m$  (Gleichung (8)).



**Tabelle A2**

Historische DB von MSC

<b>Jahr</b>	<b>Inflationsbereinigte Heizölpreise (€/Liter)</b>	<b>Inflationsbereinigte Hackschnitzelpreise für MSC (€/t<sub>TM</sub>)<sup>a)</sup></b>	<b>Erlöse (€/ha)<sup>b)</sup></b>	<b>DB (€/ha)<sup>c)</sup></b>
197	0,23	30,13	542,36	89,36
197	0,25	32,71	588,86	135,86
197	0,23	29,60	532,79	79,79
197	0,31	40,56	730,01	277,01
197	0,38	49,28	887,01	434,01
197	0,35	45,04	810,70	357,70
197	0,36	47,00	845,93	392,93
197	0,34	44,71	804,85	351,85
197	0,32	42,05	756,93	303,93
197	0,57	73,53	1 323,49	870,49
198	0,62	80,51	1 449,13	996,13
198	0,69	89,86	1 617,46	1 164,4
198	0,69	89,25	1 606,55	1 153,5
198	0,60	78,02	1 404,43	951,43
198	0,62	79,94	1 438,93	985,93
198	0,63	81,32	1 463,71	1 010,7
198	0,34	43,62	785,10	332,10
198	0,29	37,27	670,94	217,94
198	0,25	32,05	576,88	123,88
198	0,34	43,66	785,88	332,88
199	0,37	47,73	859,07	406,07
199	0,38	49,72	894,98	441,98
199	0,34	44,39	798,93	345,93
199	0,33	43,06	775,12	322,12
199	0,29	38,00	683,93	230,93
199	0,28	35,79	644,25	191,25
199	0,32	41,50	746,91	293,91
199	0,32	41,78	751,97	298,97
199	0,26	34,03	612,48	159,48
199	0,31	40,38	726,77	273,77
200	0,48	61,65	1 109,74	656,74
200	0,44	57,04	1 026,70	573,70
200	0,39	50,85	915,38	462,38
200	0,41	53,01	954,25	501,25
200	0,45	58,87	1 059,59	606,59
200	0,60	77,71	1 398,86	945,86
200	0,65	84,25	1 516,43	1 063,4
200	0,64	83,17	1 496,98	1 043,9
200	0,82	106,55	1 917,94	1 464,9
200	0,55	71,60	1 288,77	835,77
201	0,78	101,18	1 821,23	1 368,2
201	0,74	96,58	1 738,37	1 285,3

<sup>a)</sup> Mittelwert der Heizölpreise in Kilowattstunden (KWh) von 2003 bis 2011 ist 2,47-mal höher als der Mittelwert der tatsächlichen Holzhackschnitzelpreise. Heizwert von Heizöl: 11,86 KWh/Liter. Heizwert von MSC

Hackschnitzeln: 3,8 KWh/Tonne Trockenmasse (t<sub>TM</sub>).

<sup>b)</sup> Durchschnittliche Erntemenge: 18 t<sub>TM</sub>/ha.

<sup>c)</sup> Variable Kosten: 453 €/ha.

**Tabelle A3**

Historische DB von Weizen

<b>Jahr</b>	<b>Inflationsbereinigte Weizenpreise (€/t)</b>	<b>Trendbereinigte durchschnittliche Weizenerträge (t)</b>	<b>Erlöse (€/ha)</b>	<b>DB (€/ha)<sup>a)</sup></b>
1970	142,32	7,75	1 102,67	279,42
1971	134,01	8,35	1 118,45	231,61
1972	171,91	7,86	1 351,73	516,21
1973	370,63	8,07	2 992,74	2 134,73
1974	356,85	8,25	2 945,66	2 068,54
1975	257,99	7,85	2 025,13	1 191,04
1976	222,20	7,37	1 636,97	854,14
1977	192,75	7,69	1 482,24	665,11
1978	210,99	8,12	1 713,94	850,76
1979	245,28	7,92	1 941,70	1 100,55
1980	274,10	7,78	2 132,31	1 305,69
1981	291,66	7,82	2 281,40	1 450,24
1982	276,99	8,09	2 240,20	1 380,83
1983	297,91	7,95	2 369,74	1 524,50
1984	302,76	8,58	2 598,09	1 686,26
1985	228,85	8,38	1 917,62	1 027,23
1986	129,05	8,54	1 102,63	194,78
1987	127,24	8,13	1 034,44	170,61
1988	142,14	8,48	1 205,68	304,36
1989	189,43	7,84	1 485,01	652,02
1990	110,96	8,33	924,62	39,16
1991	100,41	8,73	876,85	-51,08
1992	71,88	7,84	563,86	-269,69
1993	71,26	8,35	594,97	-292,24
1994	74,52	8,43	628,15	-267,54
1995	98,97	8,46	837,04	-61,62
1996	122,87	8,76	1 076,85	145,56
1997	113,21	8,64	978,30	60,10
1998	117,86	8,48	999,32	98,41
1999	114,63	8,72	999,34	72,97
2000	125,10	8,36	1 046,00	157,53
2001	138,71	8,86	1 229,46	287,64
2002	145,88	7,79	1 136,18	308,62
2003	128,04	7,28	932,52	158,63
2004	109,45	8,86	969,55	28,30
2005	90,01	8,05	724,90	-130,85
2006	95,63	7,69	735,48	-81,75
2007	149,42	7,35	1 098,75	317,39
2008	193,04	8,38	1 617,97	727,36
2009	141,19	8,01	1 130,23	279,62
2010	136,78	7,41	1 013,31	226,12
2011	172,83	7,02	1 213,11	467,26

<sup>a)</sup> Variable Kosten: 106 €/Tonne (t).



## Diskussionspapiere

2000 bis 31. Mai 2006

Institut für Agrarökonomie

Georg-August-Universität, Göttingen

<u>2000</u>		
0001	Brandes, Wilhelm	Über Selbstorganisation in Planspielen: ein Erfahrungsbericht, 2000
0002	v. Cramon-Taubadel, Stephan u. Jochen Meyer	Asymmetric Price Transmission: Factor Artefact?, 2000
<u>2001</u>		
0101	Leserer, Michael	Zur Stochastik sequentieller Entscheidungen, 2001
0102	Molua, Ernest	The Economic Impacts of Global Climate Change on African Agriculture, 2001
0103	Birner, Regina et al.	„Ich kaufe, also will ich?": eine interdisziplinäre Analyse der Entscheidung für oder gegen den Kauf besonders tier- u. umweltfreundlich erzeugter Lebensmittel, 2001
0104	Wilkins, Ingrid	Wertschöpfung von Großschutzgebieten: Befragung von Besuchern des Nationalparks Unteres Odertal als Baustein einer Kosten-Nutzen-Analyse, 2001
<u>2002</u>		
0201	Grethe, Harald	Optionen für die Verlagerung von Haushaltsmitteln aus der ersten in die zweite Säule der EU-Agrarpolitik, 2002
0202	Spiller, Achim u. Matthias Schramm	Farm Audit als Element des Midterm-Review : zugleich ein Beitrag zur Ökonomie von Qualitätssicherungssystemen, 2002
<u>2003</u>		
0301	Lüth, Maren et al.	Qualitätssignaling in der Gastronomie, 2003
0302	Jahn, Gabriele, Martina Peupert u. Achim Spiller	Einstellungen deutscher Landwirte zum QS-System: Ergebnisse einer ersten Sondierungsstudie, 2003
0303	Theuvsen, Ludwig	Kooperationen in der Landwirtschaft: Formen, Wirkungen und aktuelle Bedeutung, 2003

<b>0304</b>	Jahn, Gabriele	Zur Glaubwürdigkeit von Zertifizierungssystemen: eine ökonomische Analyse der Kontrollvalidität, 2003
<b><u>2004</u></b>		
<b>0401</b>	Meyer, Jochen u. Stephan v. Cramon-Taubadel	Asymmetric Price Transmission: a Survey, 2004
<b>0402</b>	Barkmann, Jan u. Rainer Marggraf	The Long-Term Protection of Biological Diversity: Lessons from Market Ethics, 2004
<b>0403</b>	Bahrs, Enno	VAT as an Impediment to Implementing Efficient Agricultural Marketing Structures in Transition Countries, 2004
<b>0404</b>	Spiller, Achim, Torsten Staack u. Anke Zühlsdorf	Absatzwege für landwirtschaftliche Spezialitäten: Potenziale des Mehrkanalvertriebs, 2004
<b>0405</b>	Spiller, Achim u. Torsten Staack	Brand Orientation in der deutschen Ernährungswirtschaft: Ergebnisse einer explorativen Online-Befragung, 2004
<b>0406</b>	Gerlach, Sabine u. Berit Köhler	Supplier Relationship Management im Agribusiness: ein Konzept zur Messung der Geschäftsbeziehungsqualität, 2004
<b>0407</b>	Inderhees, Philipp et al.	Determinanten der Kundenzufriedenheit im Fleischerfachhandel
<b>0408</b>	Lüth, Maren et al.	Köche als Kunden: Direktvermarktung landwirtschaftlicher Spezialitäten an die Gastronomie, 2004
<b><u>2005</u></b>		
<b>0501</b>	Spiller, Achim, Julia Engelken u. Sabine Gerlach	Zur Zukunft des Bio-Fachhandels: eine Befragung von Bio-Intensivkäufern, 2005
<b>0502</b>	Groth, Markus	Verpackungsabgaben und Verpackungslizenzen als Alternative für ökologisch nachteilige Einweggetränkeverpackungen? Eine umweltökonomische Diskussion, 2005
<b>0503</b>	Freese, Jan u. Henning Steinmann	Ergebnisse des Projektes 'Randstreifen als Strukturelemente in der intensiv genutzten Agrarlandschaft Wolfenbüttels', Nichtteilnehmerbefragung NAU 2003, 2005
<b>0504</b>	Jahn, Gabriele, Matthias Schramm u. Achim Spiller	Institutional Change in Quality Assurance: the Case of Organic Farming in Germany, 2005
<b>0505</b>	Gerlach, Sabine, Raphael Kennerknecht u. Achim Spiller	Die Zukunft des Großhandels in der Bio-Wertschöpfungskette, 2005

<u>2006</u>		
<b>0601</b>	Heß, Sebastian, Holger Bergmann u. Lüder Sudmann	Die Förderung alternativer Energien: eine kritische Bestandsaufnahme, 2006
<b>0602</b>	Gerlach, Sabine u. Achim Spiller	Anwohnerkonflikte bei landwirtschaftlichen Stallbauten: Hintergründe und Einflussfaktoren; Ergebnisse einer empirischen Analyse, 2006
<b>0603</b>	Glenk, Klaus	Design and Application of Choice Experiment Surveys in So-Called Developing Countries: Issues and Challenges, 2006
<b>0604</b>	Bolten, Jan, Raphael Kennerknecht u. Achim Spiller	Erfolgsfaktoren im Naturkostfachhandel: Ergebnisse einer empirischen Analyse, 2006 (entfällt)
<b>0605</b>	Hasan, Yousra	Einkaufsverhalten und Kundengruppen bei Direktvermarktern in Deutschland: Ergebnisse einer empirischen Analyse, 2006
<b>0606</b>	Lülfs, Frederike u. Achim Spiller	Kunden(un-)zufriedenheit in der Schulverpflegung: Ergebnisse einer vergleichenden Schulbefragung, 2006
<b>0607</b>	Schulze, Holger, Friederike Albersmeier u. Achim Spiller	Risikoorientierte Prüfung in Zertifizierungssystemen der Land- und Ernährungswirtschaft, 2006
<u>2007</u>		
<b>0701</b>	Buchs, Ann Kathrin u. Jörg Jasper	For whose Benefit? Benefit-Sharing within Contractual ABC-Agreements from an Economic Perspective: the Example of Pharmaceutical Bioprospection, 2007
<b>0702</b>	Böhm, Justus et al.	Preis-Qualitäts-Relationen im Lebensmittelmarkt: eine Analyse auf Basis der Testergebnisse Stiftung Warentest, 2007
<b>0703</b>	Hurlin, Jörg u. Holger Schulze	Möglichkeiten und Grenzen der Qualitäts-sicherung in der Wildfleischvermarktung, 2007
<b>Ab Heft 4, 2007:</b>		<b>Diskussionspapiere (Discussion Papers), Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung Georg-August-Universität, Göttingen (ISSN 1865-2697)</b>
<b>0704</b>	Stockebrand, Nina u. Achim Spiller	Agrarstudium in Göttingen: Fakultätsimage und Studienwahlentscheidungen; Erstsemesterbefragung im WS 2006/2007
<b>0705</b>	Bahrs, Enno, Jobst-Henrik Held u. Jochen Thiering	Auswirkungen der Bioenergieproduktion auf die Agrarpolitik sowie auf Anreizstrukturen in der Landwirtschaft: eine partielle Analyse bedeutender Fragestellungen anhand der Beispielregion Niedersachsen
<b>0706</b>	Yan, Jiong,	Chinese tourist preferences for nature based destinations –

	Jan Barkmann u. Rainer Marggraf	a choice experiment analysis
<b><u>2008</u></b>		
<b>0801</b>	Joswig, Anette u. Anke Zühlsdorf	Marketing für Reformhäuser: Senioren als Zielgruppe
<b>0802</b>	Schulze, Holger u. Achim Spiller	Qualitätssicherungssysteme in der europäischen Agri-Food Chain: Ein Rückblick auf das letzte Jahrzehnt
<b>0803</b>	Gille, Claudia u. Achim Spiller	Kundenzufriedenheit in der Pensionspferdehaltung: eine empirische Studie
<b>0804</b>	Voss, Julian u. Achim Spiller	Die Wahl des richtigen Vertriebswegs in den Vorleistungsindustrien der Landwirtschaft – Konzeptionelle Überlegungen und empirische Ergebnisse
<b>0805</b>	Gille, Claudia u. Achim Spiller	Agrarstudium in Göttingen. Erstsemester- und Studienverlaufsbefragung im WS 2007/2008
<b>0806</b>	Schulze, Birgit, Christian Wocken u. Achim Spiller	(Dis)loyalty in the German dairy industry. A supplier relationship management view Empirical evidence and management implications
<b>0807</b>	Brümmer, Bernhard, Ulrich Köster u. Jens- Peter Loy	Tendenzen auf dem Weltgetreidemarkt: Anhaltender Boom oder kurzfristige Spekulationsblase?
<b>0808</b>	Schlecht, Stephanie, Friederike Albersmeier u. Achim Spiller	Konflikte bei landwirtschaftlichen Stallbauprojekten: Eine empirische Untersuchung zum Bedrohungspotential kritischer Stakeholder
<b>0809</b>	Lülfs-Baden, Frederike u. Achim Spiller	Steuerungsmechanismen im deutschen Schulverpflegungsmarkt: eine institutionenökonomische Analyse
<b>0810</b>	Deimel, Mark, Ludwig Theuvsen u. Christof Ebbeskotte	Von der Wertschöpfungskette zum Netzwerk: Methodische Ansätze zur Analyse des Verbundsystems der Veredelungswirtschaft Nordwestdeutschlands
<b>0811</b>	Albersmeier, Friederike u. Achim Spiller	Supply Chain Reputation in der Fleischwirtschaft
<b><u>2009</u></b>		
<b>0901</b>	Bahlmann, Jan, Achim Spiller u. Cord-Herwig Plumeyer	Status quo und Akzeptanz von Internet-basierten Informationssystemen: Ergebnisse einer empirischen Analyse in der deutschen Veredelungswirtschaft
<b>0902</b>	Gille, Claudia u. Achim Spiller	Agrarstudium in Göttingen. Eine vergleichende Untersuchung der Erstsemester der Jahre 2006-2009
<b>0903</b>	Gawron, Jana-Christina u. Ludwig Theuvsen	„Zertifizierungssysteme des Agribusiness im interkulturellen Kontext – Forschungsstand und Darstellung der kulturellen Unterschiede“

<b>0904</b>	Raupach, Katharina u. Rainer Marggraf	Verbraucherschutz vor dem Schimmelpilzgift Deoxynivalenol in Getreideprodukten Aktuelle Situation und Verbesserungsmöglichkeiten
<b>0905</b>	Busch, Anika u. Rainer Marggraf	Analyse der deutschen globalen Waldpolitik im Kontext der Klimarahmenkonvention und des Übereinkommens über die Biologische Vielfalt
<b>0906</b>	Zschache, Ulrike, Stephan v. Cramon-Taubadel u. Ludwig Theuvsen	Die öffentliche Auseinandersetzung über Bioenergie in den Massenmedien - Diskursanalytische Grundlagen und erste Ergebnisse
<b>0907</b>	Onumah, Edward E., Gabriele Hoerstgen-Schwark u. Bernhard Brümmer	Productivity of hired and family labour and determinants of technical inefficiency in Ghana's fish farms
<b>0908</b>	Onumah, Edward E., Stephan Wessels, Nina Wildenhayn, Gabriele Hoerstgen-Schwark u. Bernhard Brümmer	Effects of stocking density and photoperiod manipulation in relation to estradiol profile to enhance spawning activity in female Nile tilapia
<b>0909</b>	Steffen, Nina, Stephanie Schlecht u. Achim Spiller	Ausgestaltung von Milchlieferverträgen nach der Quote
<b>0910</b>	Steffen, Nina, Stephanie Schlecht u. Achim Spiller	Das Preisfindungssystem von Genossenschaftsmolkereien
<b>0911</b>	Granoszewski, Karol, Christian Reise, Achim Spiller u. Oliver Mußhoff	Entscheidungsverhalten landwirtschaftlicher Betriebsleiter bei Bioenergie-Investitionen - Erste Ergebnisse einer empirischen Untersuchung -
<b>0912</b>	Albersmeier, Friederike, Daniel Mörlein u. Achim Spiller	Zur Wahrnehmung der Qualität von Schweinefleisch beim Kunden
<b>0913</b>	Ihle, Rico, Bernhard Brümmer u. Stanley R. Thompson	Spatial Market Integration in the EU Beef and Veal Sector: Policy Decoupling and Export Bans
<b><u>2010</u></b>		
<b>1001</b>	Heß, Sebastian, Stephan v. Cramon-Taubadel u. Stefan Sperlich	Numbers for Pascal: Explaining differences in the estimated Benefits of the Doha Development Agenda
<b>1002</b>	Deimel, Ingke, Justus Böhm u. Birgit Schulze	Low Meat Consumption als Vorstufe zum Vegetarismus? Eine qualitative Studie zu den Motivstrukturen geringen Fleischkonsums
<b>1003</b>	Franz, Annabell u. Beate Nowak	Functional food consumption in Germany: A lifestyle segmentation study

<b>1004</b>	Deimel, Mark u. Ludwig Theuvsen	Standortvorteil Nordwestdeutschland? Eine Untersuchung zum Einfluss von Netzwerk- und Clusterstrukturen in der Schweinefleischerzeugung
<b>1005</b>	Niens, Christine u. Rainer Marggraf	Ökonomische Bewertung von Kindergesundheit in der Umweltpolitik - Aktuelle Ansätze und ihre Grenzen
<b>1006</b>	Hellberg-Bahr, Anneke, Martin Pfeuffer, Nina Steffen, Achim Spiller u. Bernhard Brümmer	Preisbildungssysteme in der Milchwirtschaft -Ein Überblick über die Supply Chain Milch
<b>1007</b>	Steffen, Nina, Stephanie Schlecht, Hans-Christian Müller u. Achim Spiller	Wie viel Vertrag braucht die deutsche Milchwirtschaft? - Erste Überlegungen zur Ausgestaltung des Contract Designs nach der Quote aus Sicht der Molkereien
<b>1008</b>	Prehn, Sören, Bernhard Brümmer u. Stanley R. Thompson	Payment Decoupling and the Intra – European Calf Trade
<b>1009</b>	Maza, Byron, Jan Barkmann, Frank von Walter u. Rainer Marggraf	Modelling smallholders production and agricultural income in the area of the Biosphere reserve “Podocarpus - El Cóndor”, Ecuador
<b>1010</b>	Busse, Stefan, Bernhard Brümmer u. Rico Ihle	Interdependencies between Fossil Fuel and Renewable Energy Markets: The German Biodiesel Market
<b><u>2011</u></b>		
<b>1101</b>	Mylius, Donata, Simon Küest, Christian Klapp u. Ludwig Theuvsen	Der Großvieheinheitenschlüssel im Stallbaurecht - Überblick und vergleichende Analyse der Abstandsregelungen in der TA Luft und in den VDI-Richtlinien
<b>1102</b>	Klapp, Christian, Lukas Obermeyer u. Frank Thoms	Der Vieheinheitenschlüssel im Steuerrecht - Rechtliche Aspekte und betriebswirtschaftliche Konsequenzen der Gewerblichkeit in der Tierhaltung
<b>1103</b>	Göser, Tim, Lilli Schroeder u. Christian Klapp	Agrarumweltprogramme: (Wann) lohnt sich die Teilnahme für landwirtschaftliche Betriebe?
<b>1104</b>	Plumeyer, Cord-Herwig, Friederike Albersmeier, Maximilian Freiherr von Oer, Carsten H. Emmann u. Ludwig Theuvsen	Der niedersächsische Landpachtmarkt: Eine empirische Analyse aus Pächtersicht
<b>1105</b>	Voss, Anja u. Ludwig Theuvsen	Geschäftsmodelle im deutschen Viehhandel: Konzeptionelle Grundlagen und empirische Ergebnisse



<b>1106</b>	Wendler, Cordula, Stephan v. Cramon-Taubadel, Hardwig de Haen, Carlos Antonio Padilla Bravo u. Samir Jrad	Food security in Syria: Preliminary results based on the 2006/07 expenditure survey
<b>1107</b>	Prehn, Sören u. Bernhard Brümmer	Estimation Issues in Disaggregate Gravity Trade Models
<b>1108</b>	Recke, Guido, Ludwig Theuvsen, Nadine Venhaus u. Anja Voss	Der Viehhandel in den Wertschöpfungsketten der Fleischwirtschaft: Entwicklungstendenzen und Perspektiven
<b>1109</b>	Prehn, Sören u. Bernhard Brümmer	“Distorted Gravity: The Intensive and Extensive Margins of International Trade”, revisited: An Application to an Intermediate Melitz Model
<b>2012</b>		
<b>1201</b>	Kayser, Maike, Claudia Gille, Karin Suttrop u. Achim Spiller	Lack of pupils in German riding schools? – A causal-analytical consideration of customer satisfaction in children and adolescents
<b>1202</b>	Prehn, Sören u. Bernhard Brümmer	Bimodality & the Performance of PPML
<b>1203</b>	Tangermann, Stefan	Preisanstieg am EU-Zuckermarkt: Bestimmungsgründe und Handlungsmöglichkeiten der Marktpolitik
<b>1204</b>	Würriehausen, Nadine, Sebastian Lakner u. Rico Ihle	Market integration of conventional and organic wheat in Germany
<b>1205</b>	Heinrich, Barbara	Calculating the Greening Effect – a case study approach to predict the gross margin losses in different farm types in Germany due to the reform of the CAP
<b>1206</b>	Prehn, Sören u. Bernhard Brümmer	A Critical Judgement of the Applicability of ‘New New Trade Theory’ to Agricultural: Structural Change, Productivity, and Trade
<b>1207</b>	Marggraf, Rainer, Patrick Masius u. Christine Rumpf	Zur Integration von Tieren in wohlfahrtsökonomischen Analysen
<b>1208</b>	Sebastian Lakner, Bernhard Brümmer, Stephan v. Cramon-Taubadel Jürgen Heß, Johannes Isselstein, Ulf Liebe, Rainer Marggraf, Oliver Mußhoff, Ludwig Theuvsen,	Der Kommissionsvorschlag zur GAP-Reform 2013 - aus Sicht von Göttinger und Witzenhäuser Agrarwissenschaftler(inne)n

	Teja Tschardtke, Catrin Westphal u. Gerlinde Wiese	
<b>1209</b>	Prehn, Sören, Bernhard Brümmer und Thomas Glauben	Structural Gravity Estimation & Agriculture
<b>1210</b>	Prehn, Sören, Bernhard Brümmer und Thomas Glauben	An Extended Viner Model: Trade Creation, Diversion & Reduction
<b>1211</b>	Salidas, Rodrigo and Stephan von Cramon-Taubadel	Access to Credit and the Determinants of Technical Inefficiency among Specialized Small Farmers in Chile
<b>1212</b>	Steffen, Nina und Achim Spiller	Effizienzsteigerung in der Wertschöpfungskette Milch ? -Potentiale in der Zusammenarbeit zwischen Milcherzeugern und Molkereien aus Landwirtssicht
<b>1213</b>	Mußhoff, Oliver, André Tegtmeier u. Norbert Hirschauer	Attraktivität einer landwirtschaftlichen Tätigkeit - Einflussfaktoren und Gestaltungsmöglichkeiten
<b><u>2013</u></b>		
<b>1301</b>	Lakner, Sebastian, Carsten Holst u. Barbara Heinrich	Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU 2014 - mögliche Folgen des Greenings für die niedersächsische Landwirtschaft
<b>1302</b>	Tangermann, Stefan u. Stephan von Cramon- Taubadel	Agricultural Policy in the European Union : An Overview
<b>1303</b>	Granoszewski, Karol u. Achim Spiller	Langfristige Rohstoffsicherung in der Supply Chain Biogas : Status Quo und Potenziale vertraglicher Zusammenarbeit
<b>1304</b>	Lakner, Sebastian, Carsten Holst, Bernhard Brümmer, Stephan von Cramon- Taubadel, Ludwig Theuvsen, Oliver Mußhoff u. Teja Tschardtke	Zahlungen für Landwirte an gesellschaftliche Leistungen koppeln! - Ein Kommentar zum aktuellen Stand der EU-Agrarreform
<b>1305</b>	Prechtel, Bianca, Maïke Kayser u. Ludwig Theuvsen	Organisation von Wertschöpfungsketten in der Gemüseproduktion : das Beispiel Spargel
<b>1306</b>	Anastassiadis, Friederike, Jan-Henning Feil, Oliver Musshoff u. Philipp Schilling	Analysing farmers' use of price hedging instruments : an experimental approach
<b>1307</b>	Holst, Carsten u. Stephan von Cramon-Taubadel	Trade, Market Integration and Spatial Price Transmission on EU Pork Markets following Eastern Enlargement

<b>1308</b>	Granoszewki, K., S. Sander, V. M. Aufmkolk u. A. Spiller	Die Erzeugung regenerativer Energien unter gesellschaftlicher Kritik : Akzeptanz von Anwohnern gegenüber der Errichtung von Biogas- und Windenergieanlagen
<b>2014</b>		
<b>1401</b>	Lakner, S., C. Holst, J. Barkmann, J. Isselstein u. A. Spiller	Perspektiven der Niedersächsischen Agrarpolitik nach 2013 : Empfehlungen Göttinger Agrarwissenschaftler für die Landespolitik
<b>1402</b>	Müller, K., Mußhoff, O. u. Weber, R.	The More the Better? How Collateral Levels Affect Credit Risk in Agricultural Microfinance
<b>1403</b>	März, A., N. Klein, T. Kneib u. O. Mußhoff	Analysing farmland rental rates using Bayesian geoadditive quantile regression
<b>1404</b>	Weber, R., O. Mußhoff u. M. Petrick	How flexible repayment schedules affect credit risk in agricultural microfinance
<b>1405</b>	Haverkamp, M., S. Henke, C. Kleinschmitt, B. Möhring, H. Müller, O. Mußhoff, L. Rosenkranz, B. Seintsch, K. Schlosser u. L. Theuvsen	Vergleichende Bewertung der Nutzung von Biomasse : Ergebnisse aus den Bioenergieregionen Göttingen und BERTA



## Diskussionspapiere

2000 bis 31. Mai 2006:

Institut für Rurale Entwicklung

Georg-August-Universität, Göttingen)

Ed. Winfried Manig (ISSN 1433-2868)

32	Dirks, Jörg J.	Einflüsse auf die Beschäftigung in nahrungsmittelverarbeitenden ländlichen Kleinindustrien in West-Java/Indonesien, 2000
33	Keil, Alwin	Adoption of Leguminous Tree Fallows in Zambia, 2001
34	Schott, Johanna	Women's Savings and Credit Co-operatives in Madagascar, 2001
35	Seeberg-Elberfeldt, Christina	Production Systems and Livelihood Strategies in Southern Bolivia, 2002
36	Molua, Ernest L.	Rural Development and Agricultural Progress: Challenges, Strategies and the Cameroonian Experience, 2002
37	Demeke, Abera Birhanu	Factors Influencing the Adoption of Soil Conservation Practices in Northwestern Ethiopia, 2003
38	Zeller, Manfred u. Julia Johannsen	Entwicklungshemmnisse im afrikanischen Agrarsektor: Erklärungsansätze und empirische Ergebnisse, 2004
39	Yustika, Ahmad Erani	Institutional Arrangements of Sugar Cane Farmers in East Java – Indonesia: Preliminary Results, 2004
40	Manig, Winfried	Lehre und Forschung in der Sozialökonomie der Ruralen Entwicklung, 2004
41	Hebel, Jutta	Transformation des chinesischen Arbeitsmarktes: gesellschaftliche Herausforderungen des Beschäftigungswandels, 2004
42	Khan, Mohammad Asif	Patterns of Rural Non-Farm Activities and Household Access to Informal Economy in Northwest Pakistan, 2005

<b>43</b>	Yustika, Ahmad Erani	Transaction Costs and Corporate Governance of Sugar Mills in East Java, Indonesia, 2005
<b>44</b>	Feulefack, Joseph Florent, Manfred Zeller u. Stefan Schwarze	Accuracy Analysis of Participatory Wealth Ranking (PWR) in Socio-economic Poverty Comparisons, 2006



**Georg-August-Universität Göttingen**  
**Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung**

Die Wurzeln der **Fakultät für Agrarwissenschaften** reichen in das 19. Jahrhundert zurück. Mit Ausgang des Wintersemesters 1951/52 wurde sie als siebente Fakultät an der Georgia-Augusta-Universität durch Ausgliederung bereits existierender landwirtschaftlicher Disziplinen aus der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät etabliert.

1969/70 wurde durch Zusammenschluss mehrerer bis dahin selbständiger Institute das **Institut für Agrarökonomie** gegründet. Im Jahr 2006 wurden das Institut für Agrarökonomie und das Institut für Rurale Entwicklung zum heutigen **Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung** zusammengeführt.

Das Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung besteht aus insgesamt neun Lehrstühlen zu den folgenden Themenschwerpunkten:

- Agrarpolitik
- Betriebswirtschaftslehre des Agribusiness
- Internationale Agrarökonomie
- Landwirtschaftliche Betriebslehre
- Landwirtschaftliche Marktlehre
- Marketing für Lebensmittel und Agrarprodukte
- Soziologie Ländlicher Räume
- Umwelt- und Ressourcenökonomik
- Welternährung und rurale Entwicklung

In der Lehre ist das Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung führend für die Studienrichtung Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus sowie maßgeblich eingebunden in die Studienrichtungen Agribusiness und Ressourcenmanagement. Das Forschungsspektrum des Departments ist breit gefächert. Schwerpunkte liegen sowohl in der Grundlagenforschung als auch in angewandten Forschungsbereichen. Das Department bildet heute eine schlagkräftige Einheit mit international beachteten Forschungsleistungen.

Georg-August-Universität Göttingen  
 Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung  
 Platz der Göttinger Sieben 5  
 37073 Göttingen  
 Tel. 0551-39-4819  
 Fax. 0551-39-12398  
 Mail: [biblio1@gwdg.de](mailto:biblio1@gwdg.de)  
 Homepage : <http://www.uni-goettingen.de/de/18500.html>