

# Die ökonomische Bewertung der Feldberechnung unter Berücksichtigung von Risiko und veränderter Wasserentnahmeerlaubnisse

## The Economic Valuation of Irrigation under Consideration of Risk and Changes in Water Withdrawal Permits

Ulla Kellner, Oliver Mußhoff und Henning W. Battermann  
Georg-August-Universität Göttingen

### Zusammenfassung

Mit der Wasserrahmenrichtlinie hat die EU einen juristischen Rahmen geschaffen, alle aquatischen Ökosysteme zu schützen. Diese vornehmlich auf den Grundwasserschutz abzielende Maßnahme kann zu wirtschaftlichen Nachteilen für Landwirte führen. So wird die Feldberechnung als Möglichkeit genutzt, den ökonomischen Erfolg landwirtschaftlicher Betriebe zu verbessern. Gleichzeitig wird ihr eine wichtige Rolle als Risikomanagementinstrument zugestanden. In diesem Beitrag werden unter Anwendung eines erweiterten gesamtbetrieblichen Risikoprogrammierungsansatzes die Auswirkungen einer Reduzierung der Wasserentnahmeerlaubnisse unter Berücksichtigung der Risikoakzeptanz des Entscheiders analysiert. Dabei wird ein typischer Betrieb in Nordost-Niedersachsen betrachtet. Die Ergebnisse zeigen, dass die ökonomischen Nachteile der Beschränkung der Wasserentnahmeerlaubnisse für den untersuchten Betrieb überproportional mit der Reglementierung ansteigen und bislang vielfach verwendete deterministische Bewertungsansätze diese Nachteile systematisch unterschätzen.

### Schlüsselwörter

Wasserrahmenrichtlinie; Feldberechnung; gesamtbetrieblicher Risikoprogrammierungsansatz; Risikoakzeptanz

### Abstract

The European Union has established the Water Framework Directive (WFD) as a legal framework to protect all aquatic ecological systems including groundwater. This directive is primarily aiming at water protection and may have advantages for the water regime in sensitive areas. Nevertheless, it may also involve economic disadvantages for agricultural enterprises. In this paper we analyze the economic

implications of the WFD for farmers using irrigation, i.e., the negative economic consequences for farms resulting from a reduction of water withdrawal permits in the north-east of Lower Saxony. In a whole farm risk programming approach we show how much benefit farmers loose if the amount of water withdrawal permits is reduced. To avoid solutions that would possibly exceed the farmers' risk tolerance, the apparently accepted standard deviation of the program's total gross margin is used as an upper bound in the optimization. This should represent an observable reflection of the individual risk attitude of the farmers. The results demonstrate that deterministic approaches do not consider all economic impacts caused by the reduction of water withdrawal permits as well as that risk has to be considered.

### Key Words

Water Framework Directive; irrigation; whole farm risk programming approach; risk acceptance

## 1 Einleitung

Für landwirtschaftliche Unternehmen, insbesondere für Ackerbaubetriebe, ist das Wetter ein besonders wichtiger, aber nicht beeinflussbarer Produktionsfaktor. Gerade Wetterextreme, wie beispielsweise Hagel oder Starkniederschläge, stellen eine besondere Herausforderung an das Risikomanagement landwirtschaftlicher Betriebe dar. Aber nicht nur Extremwetterereignisse sorgen für zum Teil hohe Einkommensschwankungen in der Landwirtschaft. Insbesondere im Nordosten Deutschlands tritt Fröhsommer- und Sommertrockenheit auf, welche zuletzt in den Jahren 2003 und 2006 starke Ertragseinbußen verursacht hat. Derartige Wetterereignisse werden wohl in Zukunft, bedingt durch den prognostizierten globalen Klimawandel, vermehrt zu beobachten

sein (vgl. z.B. IPCC, 2008; GERSTENGABE et al., 2003).

Um sich vor den negativen ökonomischen Konsequenzen unterschiedlicher Wetterereignisse zu schützen, nutzen Landwirte eine Reihe von Risikomanagementinstrumenten: Relevante marktbasiertere Risikomanagementinstrumente sind in Deutschland Hagelversicherungen (BERG und SCHMITZ, 2008). In anderen Ländern sind auch Ertragsausfallversicherungen und/oder indexbasierte Versicherungen verbreitet (BREUSTEDT et al., 2008). Weit verbreitete innerbetriebliche Risikomanagementinstrumente sind die Diversifizierung des Produktionsprogramms und die Schaffung von betrieblichen Überkapazitäten. Zur Absicherung gegen das Wetterrisiko „Trockenheit“ haben Landwirte zum Teil in Beregnungsanlagen investiert. Vor diesem Hintergrund hat sich im Nordosten Niedersachsens, der durch schwache und trockenheitsgefährdete Standorte gekennzeichnet ist, in den letzten Jahrzehnten das bundesweit größte Beregnungsgebiet etabliert (EGGERS, 1999). Mit insgesamt ca. 300 000 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche (LF) ist Niedersachsen das Bundesland, in dem mehr als die Hälfte der deutschlandweit 560 000 ha Beregnungsflächen liegen. Bundesweit war zudem in den letzten Jahren eine Zunahme der Beregnungsflächen zu beobachten. So hat sich die gesamte Beregnungsfläche in Deutschland von 2001 bis 2008 um ca. 50 000 ha vergrößert (SOURELL, 2009).

Im Jahr 2000 wurde die europäische Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) verabschiedet. Das Ziel besteht darin, die Qualität aller aquatischen Ökosysteme einschließlich der Grundwasserkörper zu schützen und zu verbessern. Mögliche Maßnahmen werden in der Reduzierung der Wasserentnahmeerlaubnisse und in der Erhöhung der Wasserpreise gesehen. Von derartigen Veränderungen der Rahmenbedingungen wären Landwirte, die Feldberegnung betreiben, besonders betroffen. Vor diesem Hintergrund gewinnt die Bestimmung des Nutzens der Feldberegnung für landwirtschaftliche Betriebe an Bedeutung. Letztlich ist fraglich, wie hoch der einzelbetriebliche ökonomische Nachteil ist, der mit einer bestimmten Reduzierung der Wasserentnahmeerlaubnisse oder Erhöhung der Wasserpreise verbunden wäre.

Es liegen bereits zahlreiche Arbeiten vor, die den Nutzen der Feldberegnung für einzelne landwirtschaftliche Betriebe in einem gesamtbetrieblichen linearen Programmierungsmodell quantifizieren. So untersuchten BUDDE (2000) allgemein und BATTERMANN und THEUVSEN (2010) speziell vor dem Hin-

tergrund unterschiedlicher Umsetzungsmöglichkeiten der WRRL den Nutzen der Feldberegnung für niedersächsische Betriebe. DONO und SEVERINI (2008) analysieren etwaige Auswirkungen der WRRL auf die Landwirtschaft in Italien. In den genannten Arbeiten wird der Risikoreduzierungeffekt der Feldberegnung nicht berücksichtigt. GANDORFER und KERSEBAUM (2008) analysieren die Feldberegnung als Risikomanagementinstrument unter Maßgabe bestimmter Klimaszenarien für Gebiete, in denen zurzeit noch keine Bewässerung in nennenswertem Umfang vorgenommen wird. Dabei fokussieren sie allerdings auf die Fruchtart „Weizen“, d.h. es erfolgt keine gesamtbetriebliche Betrachtungsweise.

Die prinzipielle Wirkung von marktbasiertere Risikomanagementinstrumenten im gesamtbetrieblichen Kontext überprüfen SCHLIEPER (1997) und BERG (2002) mit einem klassischen Erwartungswert-Varianz-Ansatz. Einen ähnlichen Ansatz nutzen BAZZANI et al. (2005) zur Bewertung des Nutzens der Feldberegnung in Italien. GÓMEZ-LIMÓN und RIESGO (2004) wenden einen Optimierungsansatz an, in dem u.a. die Unternehmerziele „Einkommen“ und „Risiko“ gewichtet werden, um die ökonomischen Konsequenzen der Erhöhung des Wasserpreises für landwirtschaftliche Betriebe in Spanien zu analysieren. Sie stellten allerdings fest, dass eine Erhöhung des Wasserpreises nur eine geringe ökologische Treffsicherheit aufweist.

Weil grundsätzlich Schwierigkeiten bei der empirischen Bestimmung von Zielgewichtungskoeffizienten im Allgemeinen und Risikoaversionsparametern im Besonderen bestehen (vgl. z.B. HUDSON et al., 2005), kann man das optimale Produktionsprogramm unter Berücksichtigung unterschiedlicher Wasserentnahmemöglichkeiten für den jeweiligen Landwirt nicht modellendogen ermitteln. Die praktische Anwendung der in den genannten Arbeiten angewendeten Risikoprogrammierungsansätze auf die Bestimmung des ökonomischen Nachteils, der mit der WRRL verbunden ist, ist damit nicht ohne weiteres möglich.

Im vorliegenden Beitrag wird zur Quantifizierung des ökonomischen Nutzens der Feldberegnung ein erweiterter gesamtbetrieblicher Risikoprogrammierungsansatz angewendet (MÜBHOFF et al., 2008). Dabei wird die subjektive Risikoakzeptanz des Entscheiders aus einer empirisch zu beobachtenden Bereitschaft, Risiko zu übernehmen, abgeleitet. Konkret werden folgende Fragestellungen beantwortet:

1. Wie wirkt sich eine Veränderung der Wasserentnahmeerlaubnisse auf den ökonomischen Erfolg eines risikoneutralen Entscheiders aus?
2. Welche ökonomischen Konsequenzen ergeben sich durch eine Einschränkung der Wasserentnahmeerlaubnisse für einen Entscheider, der nur eine bestimmte Risikoakzeptanz aufweist?
3. Welche Veränderungen ergeben sich durch eine Reduzierung der Wasserentnahmeerlaubnisse hinsichtlich der Struktur des Produktionsprogramms?

Mit der Beantwortung der beiden erstgenannten Fragen kann der monetäre Nachteil bestimmt werden, der von einer Reduzierung der Wasserentnahmeerlaubnisse auf risikoneutrale und risikoaverse Entscheider ausgeht. Damit sind die Ergebnisse nicht nur bei der Ableitung von Handlungsempfehlungen für Landwirte relevant, die beispielsweise Anpassungen im Produktions- und Investitionsprogramm sowie in Pachtverträgen im Lichte ggf. veränderter Rahmenbedingungen planen möchten. Ebenso stellen die Ergebnisse eine wichtige Grundlage für die Politikfolgenabschätzung dar. Durch einen Vergleich der Ergebnisse zu den beiden erstgenannten Fragestellungen sind Schlussfolgerungen dahingehend möglich, inwieweit die Berücksichtigung von Risiko bei der Bestimmung des Nutzens von Feldberegnung im Rahmen des erweiterten gesamtbetrieblichen Risikoprogrammierungsansatzes bedeutsam ist.

Im Folgenden wird in Kapitel 2 der gesamtbetriebliche Risikoprogrammierungsansatz vorgestellt. Die den Berechnungen zugrunde gelegten Annahmen und Daten werden in Kapitel 3 beschrieben. Die Ergebnisse werden in Kapitel 4 dargestellt. Der Beitrag endet mit Schlussfolgerungen und einem Ausblick (Kapitel 5).

## 2 Das Modell zur Bewertung des einzelbetrieblichen Nutzens der Feldberegnung

Um den Nutzen der Feldberegnung für landwirtschaftliche Betriebe in Nordost-Niedersachsen zu spezifizieren, wird ein erweiterter gesamtbetrieblicher Risikoprogrammierungsansatz verwendet. Das Modell lässt sich mathematisch wie folgt beschreiben:

$$(1) \text{ maximiere } E(GDB) = \sum_{j=1}^J E(DB^j) \cdot x^j$$

unter den Nebenbedingungen:

$$(2) \sum_{j=1}^J a^{i,j} \cdot x^j \leq b^i, \text{ für } i = 1, 2, \dots, I$$

$$(3) \sum_{j=1}^J BM^j \cdot x^j \leq \overline{GBM}$$

$$(4) SD(GDB) \leq \overline{SD}(GDB)$$

$$(5) x^j \geq 0$$

Der zu maximierende Gesamtdeckungsbeitrag  $E(GDB)$  hängt vom erwarteten Deckungsbeitrag  $E(DB^j)$  je Einheit der Produktionsaktivität  $j$  und den Produktionsumfängen  $x^j$  ab (vgl. Gleichung (1)). Gleichung (2) beinhaltet die „klassischen“ Restriktionen, die sich auf Arbeit, Fläche, Fruchtfolgebegrenzungen und Lieferrechte beziehen. Dabei kennzeichnet  $b^i$  die zur Verfügung stehenden Kapazitäten der Produktionsfaktoren  $i$ , die durch die Faktoransprüche  $a^{i,j}$  der Produktionsalternativen genutzt werden.

Mit Gleichung (3) wird eine Restriktion für die exogen vorgegebene maximal verfügbare Gesamtberechnungsmenge  $\overline{GBM}$  berücksichtigt. Die einzelnen Produktionsverfahren haben verschiedene Ansprüche an die Berechnungsmenge, die durch  $BM^j$  gekennzeichnet sind. Die insgesamt zur Verfügung stehende Gesamtberechnungsmenge  $\overline{GBM}$  wird parametrisiert, um verschiedene Szenarien der Wasserentnahmebeschränkung abzubilden.

Mit Gleichung (4) wird eine Nebenbedingung berücksichtigt, die sich auf die Risikoakzeptanz des Betriebsleiters bezieht. MUBHOFF und HIRSCHAUER (2007) folgend wird gefordert, dass das optimierte Produktionsprogramm maximal so riskant sein darf, wie das tatsächlich vom Landwirt gewählte Produktionsprogramm. Technisch wird die mit einem tatsächlichen Produktionsprogramm implizit akzeptierte Standardabweichung des Gesamtdeckungsbeitrags  $\overline{SD}(GDB)$  als Obergrenze für die Standardabweichung des optimierten Produktionsprogramms  $SD(GDB)$  berücksichtigt. Die Verwendung der Standardabweichung als Risikomaß führt zu einem quadratischen Programmierungsproblem.

Die Obergrenze für die Standardabweichung wird variiert, um die Auswirkungen der Reduzierung der Wasserentnahmeerlaubnisse für Entscheider mit unterschiedlicher Risikoakzeptanz zu untersuchen. Unter anderem werden die Berechnungen für einen gedacht risikoneutralen Entscheider, d.h. ohne Berücksichtigung der Risikorestriktion, für unterschiedliche Berechnungsvarianten durchgeführt. Man gewinnt dadurch Produktionsprogramme, die bei der jeweiligen Höhe der Wasserentnahmeerlaubnisse den maximalen erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag liefern. Durch einen Vergleich des erwarteten Gesamtdeckungsbeitrags

trags mit und ohne Einschränkung der Wasserentnahmeerlaubnisse kann der Nutzen bestimmt werden, den die Beregnungswasserdifferenz für einen risikoneutralen Landwirt besitzt. Durch Berücksichtigung der tatsächlichen Risikoakzeptanz des Betriebsleiters kann der Nutzen bestimmt werden, den die Feldberegnung für den risikoaversen Entscheider aufweist.

Durch eine Parametrisierung der Risikoakzeptanz kann die Risikoeffizienzlinie bestimmt werden. Auf einer Risikoeffizienzlinie liegen risikoeffiziente Produktionsprogramme, die jeweils den maximalen erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag bei gegebener Standardabweichung des Gesamtdeckungsbeitrags und Ausstattung mit sonstigen Produktionsfaktoren (u.a. auch Beregnungswassermenge) liefern (vgl. auch Abbildung 1). Durch die Einschränkung der Wasserentnahmeerlaubnisse kommt es – wie bei Einschränkung einer anderen Faktorverfügbarkeit auch – zu einer Verschiebung der Risikoeffizienzlinie nach unten. Durch eine Parametrisierung der Wasserentnahmeerlaubnisse ergeben sich damit verschiedene Risikoeffizienzlinien. Die Steigung der Risikoeffizienzlinien wird mit einer Reduzierung der Wasserentnahmeerlaubnisse immer flacher.

Mit Blick auf die Ergebnisse der Optimierungsrechnungen für risikoaverse Entscheider ist Folgendes zu beachten: Im Rahmen des erweiterten gesamtbetrieblichen Risikoprogrammierungsansatzes bestimmen wir die Gesamtdeckungsbeitragsänderung, welche sich bei unterschiedlichen Wasserentnahmeerlaubnissen und gegebener Risikoakzeptanz des Landwirts ergibt. Damit ist nicht sichergestellt, dass wir das Produktionsprogramm identifizieren, das nach einer Reduzierung der Wasserentnahmeerlaubnisse tatsächlich den Nutzen des Landwirts maximiert. Der Landwirt war mit Blick auf die vor der Reduzierung der Wasserentnahmeerlaubnisse – bildlich gesprochen – weiter oben verlaufende Risikoeffizienzlinie gerade noch bereit, für das Mehr an erwartetem Gesamtdeckungsbeitrag auch mehr Risiko einzugehen. Dies könnte auf der nach der Reduzierung der Wasserentnahmeerlaubnisse weiter unten verlaufenden flacheren Risikoeffizienzlinie an der Stelle der ursprünglich akzeptierten Standardabweichung nicht mehr der Fall sein. Unterstellt man konstante absolute Risikoaversion, dann wäre ein Produktionsprogramm mit geringerer Standardabweichung optimal. Im Umkehrschluss folgt daraus, dass die Beibehaltung der ursprünglichen Standardabweichung zunehmende absolute Risikoaversion mit wachsenden Einkommen (bzw. abnehmende absolute Risikoaversion mit sin-

kenden Einkommen) impliziert. Dies ist eine kritische Annahme. Da wir den Tradeoff zwischen erwartetem Gesamtdeckungsbeitrag und Risiko nicht kennen, bestimmen wir unter dieser Annahme Produktionsprogramme, die „nur“ stochastisch dominant zweiten Grades gegenüber anderen möglichen Produktionsprogrammen sind. Im Sinne einer absichtsvoll konservativen Einschätzung kommen wir deshalb zu einer Untergrenze des monetären Nachteils, der mit einer Einschränkung der Wasserentnahmeerlaubnisse verbunden ist.

Wenn die Deckungsbeiträge der einzelnen Produktionsaktivitäten normalverteilt sind, kann die Standardabweichung des Gesamtdeckungsbeitrags algebraisch berechnet (PRECKEL und DEVUYST, 1992) und das Optimierungsproblem z.B. mit GAMS gelöst werden. Andernfalls müsste man einen Optimierungsalgorithmus beispielsweise mit einer stochastischen Simulation kombinieren.

### 3 Annahmen und Datengrundlagen

Die Nutzung von typischen Betrieben erfolgt in zahlreichen Untersuchungen u.a. zur Wettbewerbsfähigkeit von Standorten und Produktionsverfahren (HEMME et al., 2000), aber auch zu den Auswirkungen politischer Maßnahmen auf landwirtschaftliche Betriebe (ISERMEYER, 2004; BALMANN et al., 1998). Die Verwendung von Buchführungsdaten hat gegenüber dem Rückgriff auf typische Betriebe den Nachteil, dass sie durch eine eingeschränkte Aktualität geprägt sein können und – wenn keine einzelbetrieblichen Daten verwendet werden können – bedingen, dass man in der Realität nicht vorzufindende Durchschnittsbetriebe analysiert. Wir unterstellen im Folgenden deshalb einen für die betrachtete Region von der Struktur (Größe, Produktionsprogramm etc.) typischen Betrieb, der in Zusammenarbeit mit Landwirten und Beratern von GEORG (2008) spezifiziert wurde. Zudem nehmen wir an, dass die Feldberegnung im betrachteten Betrieb bereits installiert ist, sodass die festen Kosten, wie beispielsweise für Brunnen und Zuleitungen, nicht mehr entscheidungsrelevant sind.

Um mit Hilfe des gesamtbetrieblichen Risikoprogrammierungsansatzes zu analysieren, wie das Risikomanagementinstrument „Feldberegnung“ auf einen Betrieb wirkt, müssen die Produktionsaktivitäten und Restriktionen spezifiziert werden. Der betrachtete Betrieb kann aus fünf Produktionsverfahren

wählen: Zuckerrüben, Kartoffeln, Sommergerste, Wintergerste und Flächenstilllegung. Mit Ausnahme der Stilllegung kann der Landwirt jeweils zwischen zwei Varianten wählen: beregnet und unberegnet. Damit stehen dem Landwirt neun Aktivitäten zur Verfügung, die unterschiedliche Deckungsbeiträge liefern, unterschiedlich riskant sind und differenzierte Ansprüche an die Ausstattung mit Arbeitskräften, Lieferrechten und Quoten sowie Wasserentnahmeerlaubnissen haben.

In Anlehnung an den Panelansatz von GEORG (2008) wurden folgende Restriktionen für den typischen Betrieb festgelegt (vgl. auch Tabelle 1):

- Der Betrieb verfügt über eine Ackerfläche von 180 ha. Es besteht nicht die Möglichkeit, durch Zu- oder Verpachtung bzw. Kauf oder Verkauf die Flächenausstattung zu verändern.
- Der Betrieb verfügt über 1,7 Arbeitskräfte und damit in den relevanten Arbeitsperioden „März/April“, „Mai/Juni“, „Juli/August“ und „September/Oktober“ über jeweils 510 Arbeitskraftstunden (AKh). Außerdem sind Saisonarbeitskräfte für 15 €/AKh verfügbar.
- Bedingt durch Fruchtfolgerestriktionen kann der Landwirt maximal 25 % Kartoffeln, 33 % Sommergerste und 60 % Gerste (Winter- und Sommergerste zusammen) anbauen.
- Die maximale Zuckerrübenliefermenge des Betriebs liegt bei 19 200 dt (bei 16 % Zuckergehalt).
- Der Betrieb darf bislang 144 000 m<sup>3</sup> bzw. 80 mm Wasser für Berechnungszwecke einsetzen. Um die ökonomischen Konsequenzen einer Reduzierung der Wasserentnahmeerlaubnisse für den betrachteten Betrieb zu untersuchen, wird die verfügbare Berechnungsmenge variiert. Analysiert werden sechs Szenarien mit Wasserentnahmeerlaubnissen in Höhe von 100, 80, 60, 40 und 20 mm sowie die vollständige Einstellung der Feldberechnung.

Neben den Kapazitäts- und Fruchtfolgerestriktionen umfassen die Restriktionen die vom Betriebsleiter akzeptierte Standardabweichung des Gesamtdeckungsbeitrags (siehe unten).

Es werden Daten der Landwirtschaftskammer Niedersachsen für die physischen Erträge der vier Ackerfrüchte in je einer beregneten und einer nicht beregneten Variante verwendet, die über einen Zeitraum von 1982 bis 2006 im Rahmen von Berechnungsversuchen gewonnen wurden (LWKb verschiedene Jahrgänge). Für die Zeitreihe der Zuckerrüben liegen

ebenfalls Zuckergehalte vor. Die Berechnung wurde ab Erreichen einer nutzbaren Feldkapazität von unter 50 % durchgeführt. Es ist bekannt, dass der physische Grenzertrag mit steigender Wassermenge abnimmt (vgl. ZHANG und OWEIS, 1999; MUSICK et al., 1994). Um die sich daraus ergebenden Effekte explizit zu berücksichtigen, müsste man für die einzelnen Feldfrüchte Produktionsverfahren mit unterschiedlicher Berechnungsintensität spezifizieren. Leider liegen aber keine (vollständigen) Ertragszeitreihen für unterschiedliche Berechnungsintensitäten vor, sodass wir nur die Varianten „unberegnet“ und „beregnet ab einer nutzbaren Feldkapazität von unter 50 %“ in unsere Analyse einbeziehen können.

Aus den im Rahmen der Berechnungsversuche beobachteten physischen Erträgen wird unter Berücksichtigung der entsprechenden Produktpreise und variablen Kosten eine Deckungsbeitragszeitreihe für die einzelnen Produktionsverfahren berechnet. Flächenbezogene Transferzahlungen werden dabei nicht berücksichtigt. Die variablen Kosten wurden anhand von Richtwertdeckungsbeiträgen der Landwirtschaftskammer Niedersachsen spezifiziert (LWKA verschiedene Jahrgänge). Als variable Kosten für die Feldberechnung fallen 0,13 €/m<sup>3</sup> an, die bereits im Deckungsbeitrag der beregneten Produktionsverfahren berücksichtigt sind. Da wir eine zukunftsgerichtete, d.h. auf die nachfolgende Produktionsperiode orientierte Produktionsprogrammplanung durchführen, ist es unter anderem aufgrund der Reform der Zuckermarktordnung bei dem Produktionsverfahren „Zuckerrübe“ nicht sinnvoll, die ex-post erzielten Produktpreise für die Optimierung heranzuziehen. Für die Berechnung der Marktleistung der Zuckerrüben wird der Zuckerrübenenertrag mit dem Auszahlungspreis für Zuckerrüben in der kommenden Produktionsperiode multipliziert (NORDZUCKER, 2009). Dabei werden unterschiedliche Zuckergehalte und das Überrüben-Quotenrübenverhältnis berücksichtigt. Die Prognose der Getreidepreise erscheint vor dem Hintergrund volatiler Märkte derzeit als besonders unsicher (BRÜMMER et al., 2008). Deshalb wird der auf der Grundlage von ZMP-Daten berechnete Durchschnitt der Wirtschaftsjahre 2005/2006 bis 2008/2009 als Preisannahme für die nachfolgende Produktionsperiode genutzt (ZMP, 2008; ZMP, 2009). Bei der Herleitung der Deckungsbeiträge werden die relevanten Qualitätsparameter berücksichtigt. Das bedeutet, dass z.B. für die Sommergerste bei Nichterreichen der Qualitätsparameter der Futtergerstenpreis angesetzt wird. Für die Flächenstilllegung wurde ein fixer,

negativer Deckungsbeitrag in Höhe der Bewirtschaftungskosten angenommen.

Die Zeitreihen werden im Rahmen der Box-Jenkins-Testprozedur auf Entwicklungsmuster getestet (BOX und JENKINS, 1976). Für die vorliegenden Zeitreihen können aber keine statistisch signifikanten Muster festgestellt werden. Deshalb werden die Deckungsbeitragszeitreihen hinsichtlich der zu ihnen am besten passenden Verteilung getestet. Die Anwendung des MS-EXCEL-Add-In @RISK bzw. des Anderson-Darling-, Chi-Quadrat- und Kolmogorov-Smirnov-Tests zeigt, dass die Normalverteilung für keine der vorliegenden Einzeldeckungsbeitragszeitreihen abgelehnt werden kann (vgl. auch HAZELL und NORTON, 1986: 81ff.). Für die vorliegenden Zeitreihen wurden außerdem die Korrelationen bestimmt, die ebenfalls im gesamtbetrieblichen Risikoprogrammierungsansatz berücksichtigt werden.

In Tabelle 1 sind die Erwartungswerte und die Standardabweichungen der Deckungsbeiträge der verschiedenen Aktivitäten sowie die Korrelation zwischen den Einzeldeckungsbeiträgen aufgezeigt. Es wird deutlich, dass die Standardabweichungen der berechneten Varianten bei gleichzeitig höheren erwarteten Einzeldeckungsbeiträgen kleiner sind als bei den unberechneten Varianten. Eine besonders hohe Korrelation besteht zwischen den Deckungsbeiträgen der unberechneten Varianten für Kartoffeln und Zuckerrüben. Deutlich wird aber auch, dass die berechneten Produktionsverfahren zu einigen unberechneten Produktionsverfahren eine negative Korrelation aufweisen.

Der typische Betrieb hat tatsächlich ein Produktionsprogramm gewählt, bei dem die 180 ha Ackerfläche zu 25 % mit Kartoffeln, zu 16 % mit Zuckerrüben, zu 22,3 % mit Sommergerste und zu 19,4 % mit Wintergerste jeweils unter Beregnung und zu 17,2 % mit Wintergerste ohne Beregnung bewirtschaftet werden. Damit akzeptiert der Betriebsleiter implizit eine Standardabweichung des Gesamtdeckungsbeitrags in Höhe von 24 918 €. Um die Auswirkung der Reduzierung der Wasserentnahmeerlaubnisse auf Landwirte mit unterschiedlichen Risikoeinstellungen zu untersuchen, wird die akzeptierte Standardabweichung variiert. Für den risikoneutralen Entscheider gibt es keine Obergrenze für die Standardabweichung. Außerdem werden neben der empirisch beobachteten Standardabweichung zwei weitere Varianten als Obergrenze betrachtet: 60 % und 80 % der tatsächlich vom Betriebsleiter akzeptierten Standardabweichung.

## 4 Modellergebnisse

In Abbildung 1 sind die Risikoeffizienzlinien angezeigt, die sich für den typischen Betrieb bei unterschiedlichen Wasserentnahmeerlaubnissen und verschiedenen Risikoeinstellungen ergeben. Es wird Folgendes deutlich: Je stärker die Einschränkung der zur Verfügung stehenden Wassermenge ist, desto größer ist c.p. die Verschiebung der Risikoeffizienzlinie in Richtung der Abszisse und damit die Reduzierung des erwarteten Gesamtdeckungsbeitrags. Dieser Effekt resultiert aus der unterschiedlichen Beregnungswürdigkeit der einzelnen Fruchtarten. Insbesondere die Kürzungsszenarien unterhalb von 60 mm Wasserentnahmemenge führen zu erheblichen Rückgängen des erwarteten Gesamtdeckungsbeitrags, da hier auch die besonders beregnungswürdigen Kulturen, wie Zuckerrüben und Kartoffeln, nicht mehr komplett beregnet werden können.

Betrachtet man die ökonomischen Konsequenzen eines risikoneutralen Entscheiders bzw. die auf den Risikoeffizienzlinien jeweils am weitesten rechts liegenden Punkte, dann wird deutlich, dass mit reduzierten Wasserentnahmeerlaubnissen neben dem Rückgang des erwarteten Gesamtdeckungsbeitrags auch eine deutliche Zunahme des Risikos verbunden ist. Der risikoneutrale Landwirt müsste beim Übergang vom Status quo (80 mm) zur unberechneten Variante eine fast 2,5-fach höhere Standardabweichung akzeptieren und würde trotzdem immer noch mehr als 40 % des erwarteten Gesamtdeckungsbeitrags verlieren. Betrachtet man nun die Effekte, die für den Leiter des typischen Betriebs mit einer Risikoakzeptanz von maximal 24 918 € Standardabweichung des Gesamtdeckungsbeitrags entstehen, so wird deutlich, dass die Einbußen durch verringerte Wasserentnahmeerlaubnisse im Erwartungswert deutlich höher sind als bei Vernachlässigung der Risikoaversion. Dies ist darin begründet, dass der risikoaverse Landwirt sich aufgrund der Obergrenze für die Standardabweichung des Gesamtdeckungsbeitrags nicht – wie der risikoneutrale Landwirt – durch eine (vermehrte) Realisierung riskanterer unberechneter Produktionsverfahren anpassen kann.

In Tabelle 2 sind die Änderungen des erwarteten Gesamtdeckungsbeitrags bei unterschiedlichen Wasserentnahmeerlaubnissen und Risikoeinstellungen in €/ha ausgewiesen. Der risikoneutrale Entscheider verliert beispielsweise im Szenario mit 40 mm Beregnungs-

Tabelle 1. Optimierungstableau (Nulllösung)

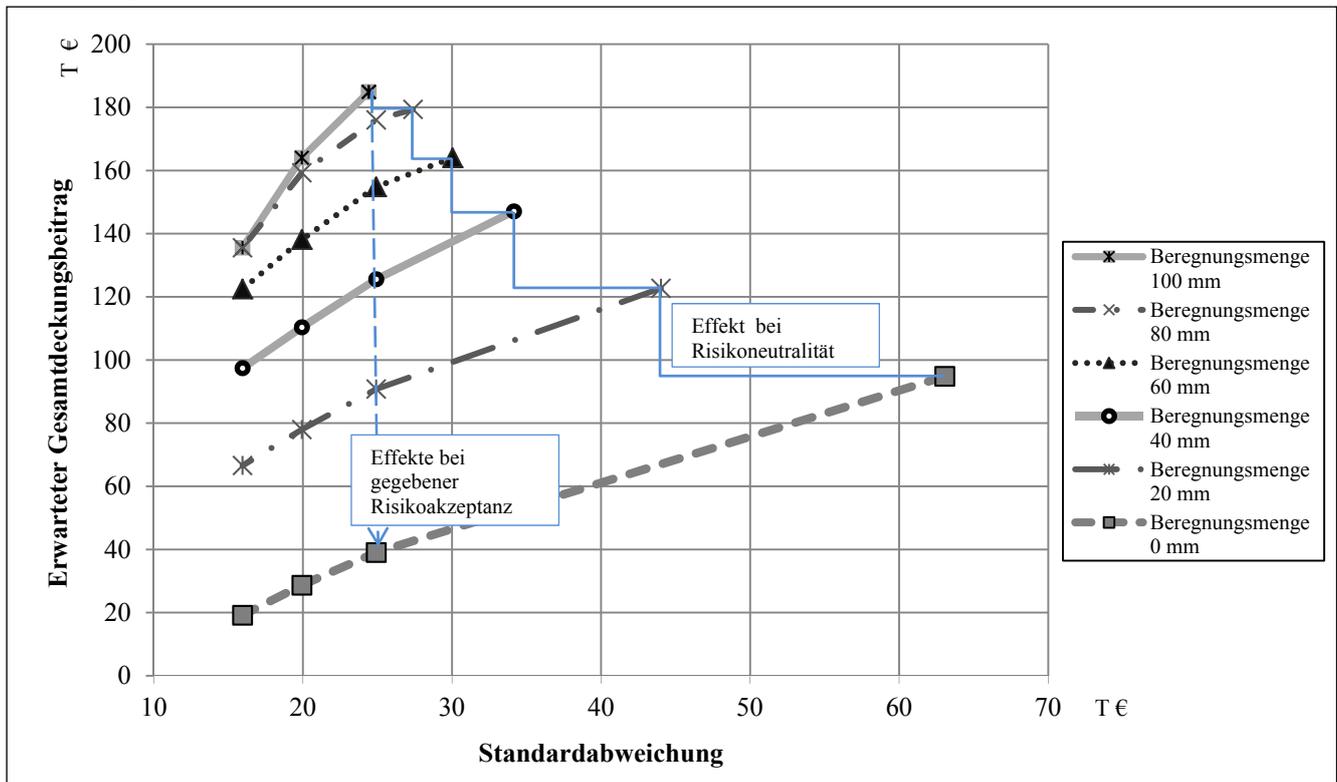
	Aktivitäten									Hilfsaktivitäten					Kapazitäts- obergrenze
	Kartoffel ohne Beregnung	Kartoffel mit Beregnung	Wintergerste ohne Beregnung	Wintergerste mit Beregnung	Sommergerste ohne Beregnung	Sommergerste mit Beregnung	Zuckerrübe ohne Beregnung	Zuckerrübe mit Beregnung	Stilllegung	Saison-AKh März/April	Saison AKh Mai/Juni	Saison AKh Juli/August	Saison AKh September/Oktober		
<b>Erwartungswert (€/ha oder €/AKh)</b>	1 647,65	2 661,95	288,76	433,55	251,03	626,05	420,28	1 021,55	-113,47	-15,00	-15,00	-15,00	-15,00		
<b>Umfang (ha)</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>		
Flächenanspruch (ha)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	≤	180
Arbeit (AKh) März/April	2,69	2,69	0,99	0,99	1,56	1,56	1,42	1,42	1,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	≤	510
Arbeit (AKh) Mai/Juni	1,25	2,25	0,47	1,47	0,31	1,81	0,20	0,20	0,00	0,00	-1,00	0,00	0,00	≤	510
Arbeit (AKh) Juli/August	3,45	4,45	2,98	2,98	3,07	3,07	0,31	2,31	0,50	0,00	0,00	-1,00	0,00	≤	510
Arbeit (AKh) September/Oktober	32,84	33,34	3,66	3,66	2,28	2,28	6,75	6,75	0,60	0,00	0,00	0,00	-1,00	≤	510
max. 25% Kartoffel	0,75	0,75	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	≤	0
max. 33% Sommergerste	-0,33	-0,33	-0,33	-0,33	0,67	0,67	-0,33	-0,33	-0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	≤	0
max. 60% Gerste (insgesamt)	-0,60	-0,60	0,40	0,40	0,40	0,40	-0,60	-0,60	-0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	≤	0
Zuckerrübenquote (dt)							450,00	600,00						≤	19 200
Wasseranspruch (m <sup>3</sup> )	0,00	1 300,00	0,00	650,00	0,00	800,00	0,00	1 080,00						≤	144 000
<b>Standardabweichung (€/ha)</b>	1 004,92	480,26	201,03	174,63	270,58	167,91	368,98	276,53	0,00					≤	24 918
<b>Korrelationen</b>															
Kartoffel ohne Beregnung	1														
Kartoffel mit Beregnung	0,42	1													
Wintergerste ohne Beregnung	0,26	0,09	1												
Wintergerste mit Beregnung	-0,30	-0,29	0,12	1											
Sommergerste ohne Beregnung	0,37	0,00	0,21	-0,21	1										
Sommergerste mit Beregnung	-0,08	0,10	-0,03	-0,30	0,39	1									
Zuckerrübe ohne Beregnung	0,57	0,13	0,16	-0,20	0,27	-0,04	1								
Zuckerrübe mit Beregnung	-0,03	-0,02	-0,04	-0,05	-0,13	0,02	0,54	1							

Quelle: eigene Berechnungen

menge im Vergleich zum 80 mm-Szenario 179 €/ha bzw. insgesamt 32 270 € des erwarteten Gesamtdeckungsbeitrags. Bei der tatsächlichen Risikoakzeptanz von 24 918 € ist hingegen ein Verlust von 280 €/ha bzw. 50 480 € festzustellen. Bei kompletter Einstellung der Feldberegnung könnte ein risikoneutraler Entscheider noch einen erwarteten Gesamtdeckungs-

beitrag von 94 832 € erzielen, während ein Entscheider mit einer akzeptierten Standardabweichung einen erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag von maximal 24 918 € nur noch einen erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag von 39 060 € generieren könnte. Eine Vernachlässigung der Risikoaversion des Leiters des typischen Betriebs würde also zu einer deutlichen Unter-

**Abbildung 1. Risikoeffizienzlinien für unterschiedliche Wasserentnahmeerlaubnisse**



Quelle: eigene Berechnung

**Tabelle 2. Erwarteter Gesamtdeckungsbeitrag und Gesamtdeckungsbeitragsänderung bei unterschiedlichen Wasserentnahmeerlaubnissen in €/ha**

Entscheider mit ...	Erwartungswert bei max. 80 mm Beregnungsmenge	Erwartungswertänderung bei Änderung der Wasserentnahmemenge auf maximal ...				
		100 mm	60 mm	40 mm	20 mm	0 mm
... neutraler Risikoeinstellung	996	31	-85	-179	-315	-470
... einer empirisch beobachteten Standardabweichung von 24 918 €	<b>978</b>	<b>49</b>	<b>-118</b>	<b>-280</b>	<b>-474</b>	<b>-761</b>
... 80% der empirisch beobachteten Standardabweichung (19 934 €)	885	27	-117	-272	-452	-726
... 60% der empirisch beobachteten Standardabweichung (15 948 €)	753	0	-73	-212	-383	-646

Quelle: eigene Berechnungen

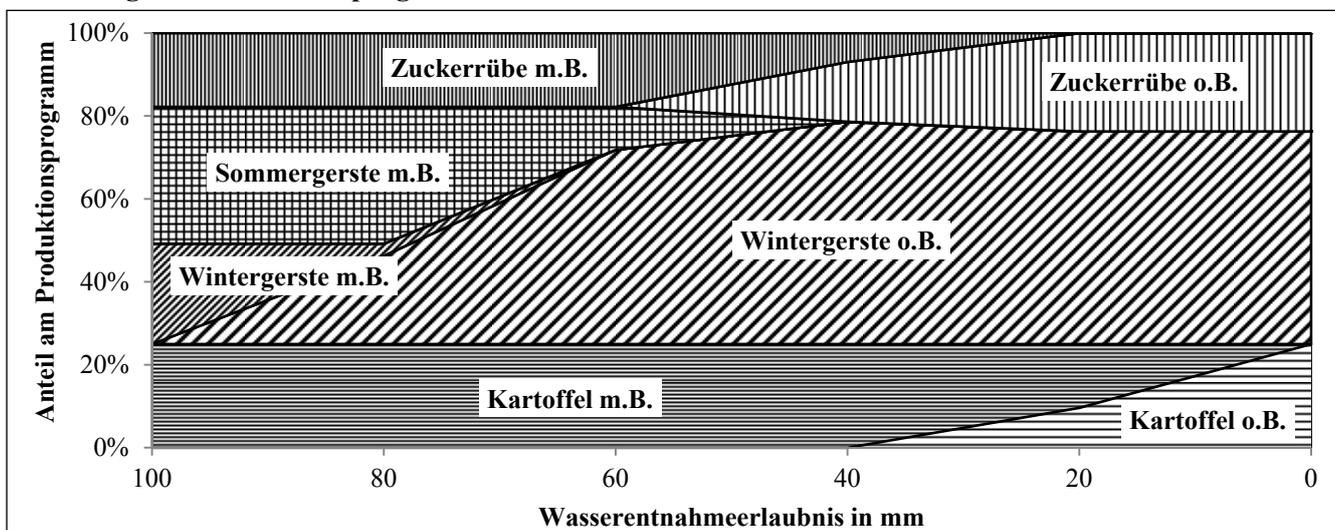
schätzung der ökonomischen Nachteile restriktiverer Vorgaben bzgl. der einzelbetrieblichen Wasserentnahmepolitik führen. Dies verdeutlicht, dass der Berücksichtigung des Risikos bei der Bewertung des monetären Nachteils für Landwirte, welcher mit einer Reduzierung der Wasserentnahmeerlaubnisse einhergeht, eine sehr große Bedeutung zukommt.

Noch stärker risikoaverse Landwirte verlieren mit der Reduzierung der Wasserentnahmeerlaubnisse weniger an erwartetem Gesamtdeckungsbeitrag als der Leiter des typischen Betriebs, weil sie von vornherein nur einen geringeren Anteil besonders berechnungswürdiger Produktionsverfahren, wie z.B. Kartoffeln, in das Anbauprogramm aufnehmen können. Diese Art von Entscheidern ist in der Praxis, ebenso wie risikoneutrale Unternehmer, wahrscheinlich nur in Ausnahmefällen zu finden (HARDAKER et al., 2004: 92). Extrem risikoaverse Entscheider mit einer akzeptierten Standardabweichung von nur 15 948 € würden beispielsweise Wasserentnahmeerlaubnisse in Höhe von 80 mm gar nicht vollständig ausnutzen.

Verschiedene Wasserpolitiken führen zu unterschiedlichen Anbauprogrammen (vgl. Abbildung 2 und Abbildung 3). Tendenziell sinkt mit einer Reduzierung der Wasserentnahmeerlaubnisse zunächst der Anbauumfang der wenig berechnungswürdigen Kulturen „Sommergerste“ und „Wintergerste“ und schließlich auch der Anteil der berechnungswürdigeren Kulturen „Zuckerrüben“ und „Kartoffeln“ ab. Besonders auffällig ist, dass risikoneutrale Entscheider zum einen den Kartoffelanbauumfang auch bei zurückgehenden Wasserentnahmeerlaubnissen bis an die Fruchtfolgerestriktion konstant halten (Abbildung 2).

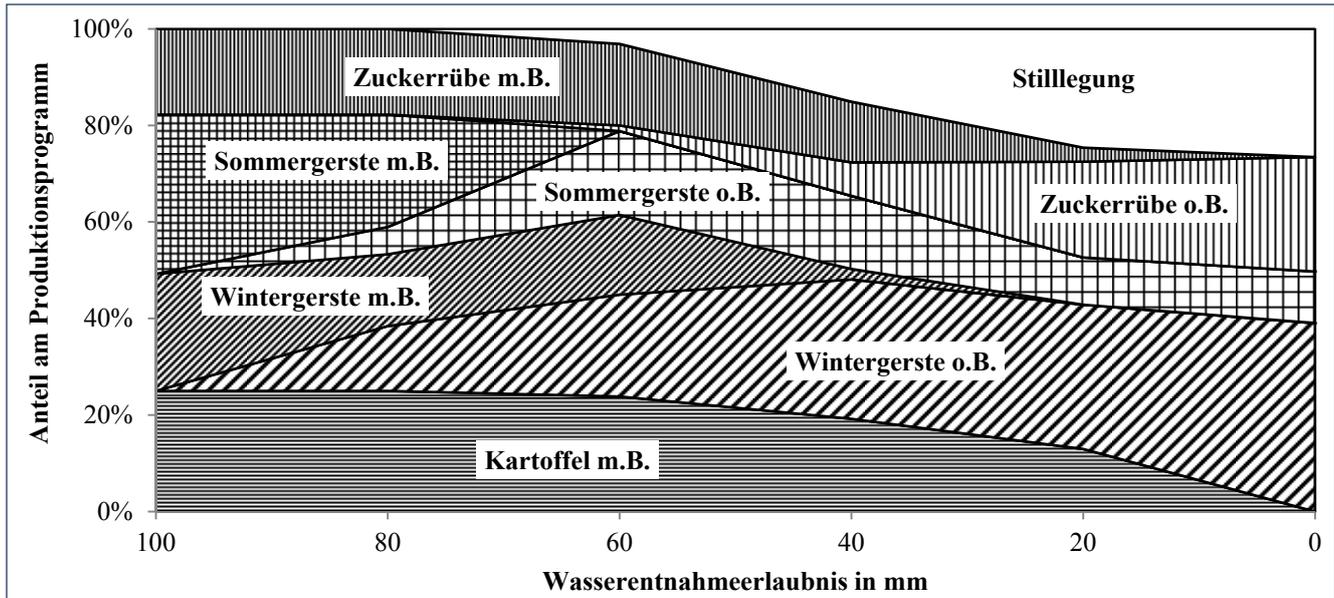
Dies steht nicht in Einklang mit den Erwartungen von Beratern und Landwirten. Zum anderen wird der Anbau von Sommergerste eingestellt. Berücksichtigt man hingegen die empirisch vorzufindende Risikoakzeptanz, so wird ohne jegliche Feldberechnung die Kartoffelproduktion eingestellt. Dies stimmt mit den Erwartungen von Beratern und Landwirten überein, was die Notwendigkeit der Erweiterung eines gesamtbetrieblichen Planungsansatzes um Risiko zur Analyse der Konsequenzen von veränderten Wasserentnahmeerlaubnissen zusätzlich stützt. Um die Liefermöglichkeiten für Zuckerrüben bei zurückgehenden Wasserentnahmeerlaubnissen auszuschöpfen, wird der Anbauumfang von Zuckerrüben über die unberechnete Variante mit geringeren Erträgen ausgedehnt, da Zuckerrüben auch in der unberechneten Variante sehr wettbewerbsfähig sind. Der risikoaverse Landwirt legt einen Teil seiner Fläche still, wenn es zu einer Einschränkung der Wasserentnahmeerlaubnisse auf weniger als 80 mm kommt. Mit Blick auf die vergleichsweise hohen Anteile der Flächenstilllegung bei 40 mm oder weniger Wasserentnahmeerlaubnisse ist zu beachten, dass bei einer derart deutlichen Reduzierung der Wasserentnahmeerlaubnisse alternative Vorgehensweisen bei der Feldberechnung (z.B. weniger intensive Berechnung der Fruchtarten) und „neue“ Produktionsverfahren, wie z.B. Hirse, tendenziell an Bedeutung gewinnen würden. Möglicherweise würde dann die Ausdehnung der Stilllegung bei einer entsprechenden Modelerweiterung weniger stark ausfallen. Außerdem erscheint eine Reduzierung der Wasserentnahmeerlaubnisse um 60 % und mehr zumindest kurzfristig eher unwahrscheinlich.

**Abbildung 2. Produktionsprogramm eines risikoneutralen Entscheiders<sup>a)</sup>**



<sup>a)</sup> m.B. = mit Berechnung und o.B. = ohne Berechnung  
Quelle: eigene Berechnung

**Abbildung 3. Produktionsprogramm eines Entscheiders mit einer akzeptierten Standardabweichung von 24 918 €<sup>a)</sup>**



<sup>a)</sup> m.B. = mit Beregnung und o.B. = ohne Beregnung

Quelle: eigene Berechnung

## 5 Schlussfolgerungen und Ausblick

In diesem Beitrag wird mit Hilfe eines erweiterten gesamtbetrieblichen Risikoprogrammierungsansatzes der monetäre Nachteil quantifiziert, der mit einer potenziellen Reduzierung der Wasserentnahmeerlaubnisse für landwirtschaftliche Betriebe in Nordost-Niedersachsen verbunden ist. Dabei werden (i) die Risikoakzeptanz des Entscheiders, (ii) berechnete und unberechnete Varianten der möglichen Fruchtarten mit ihrem jeweiligen Deckungsbeitrag und Risiko sowie (iii) die Anpassungsreaktionen landwirtschaftlicher Betriebe an differenzierte Wasserentnahmeerlaubnisse berücksichtigt. Dieser Ansatz stellt daher zur Verbesserung der Entscheidungsunterstützung und Politikfolgenabschätzung eine methodische Erweiterung der bisher in der Literatur zur Bewertung von Feldberegnung überwiegend diskutierten Ansätze dar, welche das Risiko und damit den Wert der Risikoreduzierung durch Feldberegnung z.T. nicht berücksichtigen.

Für den analysierten typischen Betrieb in Nordost-Niedersachsen wird deutlich, dass mit sinkenden Wasserentnahmeerlaubnissen sowohl der Erwartungswert des Gesamtdeckungsbeitrags zurückgeht als auch die Anbauverhältnisse sich ändern. Außerdem wird gezeigt, dass die Berücksichtigung des Risikos für die Quantifizierung der ökonomischen Auswirkungen einer Beschränkung der Wasserentnahmeerlaubnisse

in der Feldberegnung elementar ist. Analysen, die nur auf einer Maximierung des erwarteten Gesamtdeckungsbeitrags basieren und damit die Risikoaversion von Unternehmern nicht berücksichtigen, unterschätzen die ökonomischen Nachteile, die von einer Reduzierung der Wasserentnahmeerlaubnisse ausgehen, z.T. erheblich. Moderate Kürzungen der Wasserentnahmeerlaubnisse haben unabhängig von der Risikoeinstellung des Entscheiders vergleichsweise geringe Auswirkungen, weil zunächst die weniger beregnungswürdigen Fruchtarten nicht mehr in der bewässerten Variante umgesetzt werden würden. Bei einer stärkeren Verringerung der Wasserentnahmeerlaubnisse sinkt auch der Anteil sehr beregnungswürdiger Kulturen ab, was letztlich eine überproportionale Verringerung des Gesamtdeckungsbeitrags bedingt.

Die Ergebnisse sind nicht ohne Weiteres zu verallgemeinern. So wurde z.B. davon ausgegangen, dass der betrachtete Betrieb bereits über Beregnungsanlagen verfügt. Außerdem wurden nur die bislang besonders relevanten Produktionsverfahren und nur in den Varianten „unberechnet“ und „berechnet ab einer nutzbaren Feldkapazität von unter 50 %“ berücksichtigt. Wenn Wasserentnahmeerlaubnisse reduziert werden, dann könnte es durchaus sein, dass andere Fruchtarten an Relevanz gewinnen. Zudem könnte die kritische Feldkapazität, ab der beregnet wird, angepasst werden. Würde man je Feldfrucht nicht nur die beiden diskreten Produktionsverfahren „unberechnet“ und

„berechnet ab einer nutzbaren Feldkapazität von unter 50 %“ betrachten, sondern viele Berechnungsintensitätsstufen zulassen, dann würde der Nutzenverlust, der mit einer Reduzierung der Wasserentnahmeerlaubnis verbunden ist, tendenziell geringer ausfallen.

Weiterer Forschungsbedarf besteht auch bzgl. der subtileren Ausgestaltung des verwendeten Modells. So konnte die Annahme der Normalverteilung in der vorliegenden Untersuchung für die Deckungsbeiträge aller relevanten Produktionsaktivitäten angenommen werden. Wenn beispielsweise Risikomanagementinstrumente, wie optionsähnliche Warenterminkontrakte oder Ertragsausfallversicherungen mit asymmetrischen Zahlungsprofilen, relevant wären, dann wäre das schon aus theoretischen Überlegungen nicht mehr zutreffend. Das hat zwei Konsequenzen: Zum einen kann man die Standardabweichung des Gesamtdeckungsbeitrags nicht mehr analytisch berechnen. Man müsste zur Lösung des Optimierungsproblems dann z.B. auf eine Kombination aus stochastischer Simulation und einem heuristischen Optimierungsalgorithmus zurückgreifen. Zum anderen stellt die Standardabweichung u.U. kein adäquates Risikomaß dar. Es könnte dann adäquater sein, die subjektive Risikoakzeptanz eines Entscheiders anstelle der akzeptierten Standardabweichung des Gesamtdeckungsbeitrags über andere Risikomaße abzubilden (SCHNEEWEIß, 1967). Des Weiteren müsste man den gesamtbetrieblichen Optimierungsansatz um Investitionsentscheidungen erweitern, wenn berücksichtigt werden soll, dass die Substitution von Grundwasser durch alternative, aber kostenintensivere Verfahren (z.B. Entnahme von Wasser aus Oberflächengewässern, Anlage von Wasserrückhaltebecken oder Implementierung wassersparender Berechnungstechniken) relevant sein könnte. Hier wären Investitionskosten bei der Bestimmung der ökonomischen Konsequenzen der WRRL zu berücksichtigen.

## Literatur

- BALMANN, A., H. LOTZE und S. NOLEPPA (1998): Agrarsektormodellierung auf Basis „typischer Betriebe“ – Teil 1: Eine Modellkonzeption für die neuen Bundesländer. In: *Agrarwirtschaft* 47 (5): 222-230.
- BATTERMANN, H.W. und L. THEUVSEN (2010): Wassermanagement für die Feldberechnung unter dem Einfluss der EU-Wasserrahmenrichtlinie: Einzelbetriebliche Auswirkungen alternativer umweltpolitischer Instrumente. In: *Zeitschrift für Umweltpolitik & Umweltrecht* 2/2010: 139-164.
- BAZZANI, G., S. DI PASQUALE, V. GALLERANI, S. MORGANTI, M. RAGGI and D. VIAGGI (2005): The Sustainability of Irrigated Agricultural Systems under the Water Framework Directive: First Results. In: *Environmental Modelling and Software* 20 (2): 165-175.
- BERG, E. (2002): Assessing the Farm Level Impacts of Yield and Revenue Insurance: an Expected Value-Variance Approach. Paper presented for the X<sup>th</sup> Congress of the European Association of Agricultural Economists (EAAE), Zaragoza, Spain.
- BERG, E. and B. SCHMITZ (2008): Weather-Based Instruments in the Context of Whole-Farm Risk Management. In: *Agricultural Finance Review* 68 (1): 199-134.
- BOX, G.E.P. and G.M. JENKINS (1976): *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. Holden-Day, San Francisco.
- BREUSTEDT, G., R. BOKUSHEVA and O. HEIDELBACH (2008): Evaluating the Potential of Index Insurance Schemes to Reduce Crop Yield Risk in an Arid Region. In: *Journal of Agricultural Economics* 59 (2): 312-328.
- BRÜMMER, B., U. KOESTER und J.P. LOY (2008): Tendenzen auf dem Weltgetreidemarkt: Anhaltender Boom oder kurzfristige Spekulationsblase? Diskussionsbeitrag 0807. Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Georg-August-Universität Göttingen, Göttingen.
- BUDDE, H.J. (2000): Feldberechnung im linearen Planungsansatz. In: *Zeitschrift für Bewässerungswirtschaft* 35 (1): 77-90.
- DONO, G. and S. SEVERINI (2008): The Application of the Water Framework Directive where Farmers Have Alternative Water Sources. 12<sup>th</sup> Congress of the European Association of Agricultural Economists. Online: <http://purl.umh.edu/43856>, Abrufdatum: 11.01.2010.
- EGGERS, T. (1999): Wasserwirtschaftliche Rahmenbedingungen/Gesetzliche Vorgaben. In: *RKL – Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft* (Hrsg.): *Feldberechnung III*. Rendsburg: 372-376.
- GANDORFER, M. und K.-C. KERSEBAUM (2008): Einfluss des Klimawandels auf das Produktionsrisiko in der Weizenproduktion unter Berücksichtigung des CO<sub>2</sub>-Effekts sowie von Beregnung. In: *Jahrbuch der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie* 18 (3): 47-56.
- GEORG, T. (2008): Zukünftige regionale Wettbewerbsfähigkeit des Zuckerrübenanbaus und Entwicklungsperspektiven ausgewählter Rübenanbaubetriebe an Standorten Norddeutschlands und Osteuropas. Dissertation Universität Göttingen.
- GERSTENGARBE, F.-W., F. BADECK, F. HATTERMANN, V. KRYSANOVA, W. LAHMER, P. LASCH, M. STOCK, F. SUCKOW, F. WECHSUNG und P.C. WERNER (2003): Studie zur klimatischen Entwicklung im Land Brandenburg bis 2055 und deren Auswirkung auf den Wasserhaushalt, die Forst- und Landwirtschaft sowie die Ableitung erster Perspektiven. PIK Report No. 83, Potsdam.
- GÓMEZ-LIMÓN, J.A. and L. RIESGO (2004): Irrigation Water Pricing: Differential Impacts on Irrigated Farms. In: *Agricultural Economics* 31 (1): 47-66.
- HARDAKER, J.B., R.B.M. HUIRNE, J.R. ANDERSON and C. LIEN (2004): *Coping with Risk in Agriculture*. Second Edition. CABI Publishing, Cambridge, USA.
- HAZELL, P.B.R. and R.D. NORTON (1986): *Mathematical Programming in Agriculture*. Macmillan Publishing, New York.
- HEMME, T., C. DEBLITZ, F. ISERMAYER, R. KNUTSON und D. ANDERSON (2000): *Das International Farm Comparison Network (IFCN): Ziele, Organisation und erste Er-*

- gebnisse zur internationalen Wettbewerbsfähigkeit der Milchproduktion. In: Züchtungskunde 72 (6): 428-439.
- HUDSON, D., K. COBLE and J. LUSK (2005): Consistency of Risk Premium Measures. In: *Agricultural Economics* 33 (1): 41-49.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2008): *Climate Change and Water – IPCC Technical Paper VI*. Online: <http://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-change-water-en.pdf>, Abrufdatum: 20.11.2009.
- ISERMEYER, F. (2004): Internationale Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Agrarwirtschaft. In: *Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus (GeWiSoLa)* 39: 37-50. Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster.
- LWK a (Landwirtschaftskammer Niedersachsen) (verschiedene Jahrgänge): *Richtwertdeckungsbeiträge*. Hannover.
- b (verschiedene Jahrgänge): *Versuchsberichte zur Feldberechnung*. Hannover.
- MUSICK, J.T., O.R. JONES, B.A. STEWART and D.A. DUSEK (1994): Water-Yield Relationship for Irrigated and Dryland Wheat in the U.S. Southern Plains. In: *Agronomy Journal* 86 (6): 980-986.
- MUBHOFF, O. and N. HIRSCHAUER (2007): What Benefits are to be Derived from Improved Program Planning Approaches? The Role of Time Series Models and Stochastic Optimization. In: *Agricultural Systems* 95 (1-3): 11-27.
- MUBHOFF, O., N. HIRSCHAUER and M. ODENING (2008): Portfolio Effects and the Willingness to Pay for Weather Insurances. In: *Agricultural Finance Review* 68 (1), Special Issue: 83-97.
- NORDZUCKER (2009): *Anbauvertrag und Branchenvereinbarung*. Auskunft per E-Mail.
- PRECKEL, P.V. and E. DEVUYST: (1992): Efficient Handling of Probability Information for Decision Analysis under Risk. In: *American Journal of Agricultural Economics* 74 (3): 655-662.
- SCHNEEWEIß, H. (1967): *Entscheidungskriterien bei Risiko*. Springer Verlag, Berlin.
- SCHLIEPER, P. (1997): Reduktion des pflanzlichen Produktionsrisikos durch eine Ertragsausfallversicherung. In: *Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus (GeWiSoLa)* 33: 219-232. Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster.
- SOURELL, H. (2009): Wasser wird auch künftig Thema bleiben. In: *Land und Forst* 44/2009: 46-47.
- WRRL (Wasserrahmenrichtlinie) (2000): *Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik*.
- ZHANG, H. and T. OWEIS (1999): Water-yield Relations and Optimal Irrigation Scheduling of Wheat in the Mediterranean Region. In: *Agricultural Water Management* 38 (3): 195-211.
- ZMP (Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle) (2008): *Agrarmärkte in Zahlen – Deutschland 2008*. Bonn.
- (2009): *ZMP-Marktbilanz – Getreide, Ölsaaten, Futtermittel Online*. URL: [http://www.zmp.de/ackerbauvberei ch/marktbilanz/goef/onlinedienst/tabellen\\_aktualisiert.asp](http://www.zmp.de/ackerbauvberei ch/marktbilanz/goef/onlinedienst/tabellen_aktualisiert.asp), Abrufdatum: 26.01.2009.

## Danksagung

Für hilfreiche Kommentare, Anregungen und Kritik danken wir zwei anonymen Gutachtern und den Herausgebern des „German Journal of Agricultural Economics“. Oliver Mubhoff dankt der Deutschen Forschungsgemeinschaft für finanzielle Unterstützung.

Kontaktautor:

**PROF. DR. OLIVER MUBHOFF**

Georg-August-Universität Göttingen

Fakultät für Agrarwissenschaften

Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung

Arbeitsbereich Landwirtschaftliche Betriebslehre

Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen

E-Mail: [oliver.musshoff@agr.uni-goettingen.de](mailto:oliver.musshoff@agr.uni-goettingen.de)