

# **Berichte über Landwirtschaft**

Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft

Herausgegeben vom Bundesministerium für Ernährung,  
Landwirtschaft und Verbraucherschutz

## **Kohlhammer**

*Herausgeber:* Die „Berichte über Landwirtschaft“ und „Sonderhefte der Berichte über Landwirtschaft“ werden vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Postfach 14 02 70, D-53107 Bonn, Deutschland (Tel.: +49(0)30 1 85 29-48 23), herausgegeben. Die Beiträge geben die persönliche Auffassung der Verfasser wieder, ihre Veröffentlichung bedeutet keine Stellungnahme des Herausgebers. Manuskripte senden die Verfasser an die Schriftleitung.

*Schriftleitung:* Hauptschriftleiter, MinDir CLEMENS NEUMANN, Leiter der Abteilung „Biobasierte Wirtschaft, Nachhaltige Land- und Forstwirtschaft“. Verantwortlicher Schriftleiter: MinR Dr. JÜRGEN OHLHOFF.

*Vorbehalt aller Rechte:* Die in dieser Zeitschrift veröffentlichten Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdruckes, des Vortrages, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funk- und Fernsehsendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Das Vervielfältigen dieser Zeitschrift ist auch im Einzelfall grundsätzlich verboten. Die Herstellung einer Kopie eines einzelnen Beitrages oder von Teilen eines Beitrages ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der Fassung vom 24. Juni 1985 zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes. Gesetzlich zulässige Vervielfältigungen sind mit einem Vermerk über die Quelle und den Vervielfältiger zu kennzeichnen.

**Copyright-mosthead-statement (valid for users in the USA):** The appearance of the code at the bottom of the first page an article in this journal indicates the copyright owner's consent that copies of the article may be made for personal or internal use, or for the personal or internal use of specific clients. This consent is given on the condition, however, that the copier pay the stated percopy free throug the Copyright Clearance Center Inc., 21 Congress Street, Salem, MA 01970/USA, Tel.: (617) 744-3350 for copying beyond that permitted by Sections 107 or 108 of the U.S. Copyright Law. This consent does not extend to other kinds of copying, such as copying for general distribution, for advertising or promotional purposes, for creating new collective, or for resale. For copying from back volumes of this journal see Permissions to Photo-Copy: Publisher's Fee List' of the CCC.

*Verlag und Anzeigenverwaltung:* Kohlhammer Verlag, D-70549 Stuttgart (Postfach), Heßbrühlstraße 69, D-70565 Stuttgart, Tel. 07 11/78 63-0, Telefax 07 11/78 63-82 88, *E-Mail:* landwirtschaft@kohlhammer.de, Baden-Württembergische Bank Kto. 1002 583 100, BLZ 600 200 30).

*Geschäftsführung:* DR. JÜRGEN GUTBROD, LEOPOLD FREIHERR VON UND ZU WEILER.

*Erscheinungsweise und Bezugspreis 2012:* Es erscheint Band 90 mit 3 Heften. Jahresabonnement 229,50 €/SFr 309,85 einschl. 7 % Mehrwertsteuer und Versandkosten.

Das Abonnement wird zum Jahresanfang berechnet und zur Zahlung fällig. Es verlängert sich stillschweigend, wenn nicht spätestens 6 Wochen vor Jahresende eine Abbestellung beim Verlag vorliegt. Die Zeitschrift kann in jeder Buchhandlung oder beim Kohlhammer Verlag, D-70549 Stuttgart, Deutschland, bestellt werden. Internet: <http://www.kohlhammer.de>, *E-Mail:* landwirtschaft@kohlhammer.de

*This Journal is covered by CAB Abstracts. Elsevier Scopus, FAO Agris; ISI Web of Science. USDA Agricola.*

© 2012 W. Kohlhammer GmbH Stuttgart

Gesamtherstellung: Druckerei W. Kohlhammer GmbH & Co. KG, Stuttgart

Printed in Germany

Ber. Ldw. 90 (2012), H. 3, S. 331–508  
ISSN 0005-9080

## **Inhalt**

Auswirkungen des Klimawandels auf die Phänologie der landwirtschaftlichen Kulturen in Niedersachsen – Möglichkeiten der Anpassung am Beispiel des Energiepflanzenanbaus Von MARIANNE KARPENSTEIN-MACHAN und CHRISTINE VON BUTTLAR, Göttingen . . . . .	335
Übertragung von Phytoöstrogenen aus Leguminosen in die Milch Von MARTIN GIERUS, MIRJAM KOCH, KIEL UND HARTWIG SCHULZ, Berlin . . . . .	354
Vor- und Nachteile der Kreuzungszucht bei Milchkühen, unter besonderer Berücksichtigung der Holstein-Rinder Von WILFRIED BRADE, Hannover/Dummerstorf . . . . .	380
Umwelt- und Naturschutzleistungen landwirtschaftlicher Betriebe Von DANIELA KEMPA, CHRISTINA VON HAAREN, Hannover . . . . .	395
Die Wahrnehmung des Begriffs „Massentierhaltung“ aus Sicht der Gesellschaft Von MAIKE KAYSER, KATHARINA SCHLIEKER, ACHIM SPILLER, Göttingen. . . . .	417
Macht als Koordinationsinstrument: Überlegungen für die Agrar- und Ernährungswirtschaft anhand von Winzergenossenschaften Von JON HENRICH HANF, VERA BELAYA und DR. ERIK SCHWEICKERT, Geisenheim . . . . .	429
Vor- und Nachteile der Weidehaltung von hochleistenden Milchkühen Von WILFRIED BRADE, Hannover/Dummerstorf. . . . .	447
Ökologischer Landbau in Deutschland – Zu den Bestimmungsgründen von Umstellung und Rückumstellung Von SANNA HEINZE und ALEXANDER VOGEL, Kiel . . . . .	467
Die gesamtbetriebliche Bewertung der Feldberegnung unter Berücksichtigung von Risiko und veränderten wasserpolitischen Rahmenbedingungen Von MATTHIAS BUCHHOLZ und OLIVER MUSSHOFF, Göttingen . . . . .	490



# **Auswirkungen des Klimawandels auf die Phänologie der landwirtschaftlichen Kulturen in Niedersachsen – Möglichkeiten der Anpassung am Beispiel des Energiepflanzenanbaus**

Von MARIANNE KARPENSTEIN-MACHAN und CHRISTINE VON BUTTLAR, Göttingen

## **1 Einleitung und Problemstellung**

Trotz vermehrter Anstrengungen in den letzten Jahren den anthropogen bedingten Beeinflussungen des Weltklimas, insbesondere ausgelöst durch den massiven Einsatz von fossilen Energieträgern, zu begegnen, ist davon auszugehen, dass sich ein Klimawandel bereits spürbar vollzieht und sich weiter beschleunigen wird. Neuere Daten des IPCC (14) zeigen, dass die Treibhausgasemissionen zwischen 2000 und 2007 weitaus stärker angestiegen sind als erwartet wurde. Für Deutschland muss mit einem Anstieg der mittleren Jahrestemperatur um zwei bis drei Grad Celsius bis zum Jahr 2100 gerechnet werden (13, S. 14). Laut Aussagen des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung (9) werden dadurch außergewöhnlich hohe volkswirtschaftlichen Schäden zu erwarten sein. Die Landwirtschaft ist mit einem Flächenanteil von ca. 60 % an der Landesfläche in Niedersachsen in besonderem Maße von Klimaveränderungen betroffen. Veränderte Niederschlagsmengen, eine Verschiebung der Niederschläge in das Winterhalbjahr und die Häufung von extremen Witterungsereignissen resultieren in der Verbindung mit einem Temperaturanstieg in veränderten Standortbedingungen für die pflanzliche Produktion (13, S. 11). Einerseits ist die Landwirtschaft vom Klimawandel betroffen, andererseits trägt sie zum Klimawandel durch den Ausstoß von Treibhausgasen mit 11,4 % des gesamten Treibhausgasausstoßes in Deutschland bei (29, S. 19). Durch den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen und die Einbindung von Wirtschaftsdüngern in den Biogasprozess kann jedoch die Landwirtschaft ihre eigene Klimabilanz und die deutsche Klimabilanz erheblich verbessern, da einerseits durch Kreislaufwirtschaft der Mineraleinsatz und Emissionen aus der Tierhaltung reduziert und andererseits der Import von fossilen Rohstoffen in Form von Erdöl und -gas eingespart werden können. Im Leitszenario 2009 des BMU (3) geht man davon aus, dass im Jahr 2050 die erneuerbaren Energien einen Anteil von ca. 50 % an dem Primärenergieverbrauch der Bundesrepublik einnehmen werden und der Anteil der Biomasse an den erneuerbaren Energien bei ca. 40 % (~1700 PJ) liegen wird.

Der Anbau von nachwachsenden Rohstoffen für Biogasanlagen hat in Niedersachsen ebenfalls einen hohen Stellenwert. Ca. 9 % der niedersächsischen Ackerfläche wird für die Biogasproduktion bereitgestellt (22). Mit 710 Anlagen und einer elektrischen Leistung von 365 MW (Stand Ende 2008) ist Niedersachsen mit einem Anteil von 26 % in Bezug auf die installierte elektrische Leistung unter den Bundesländern Spitzenreiter (22). 73 % der erzeugten Energie stammt aus dem Anbau von Energiepflanzen vom Acker. Ein weiteres Wachstum im Bereich Biogas hat sich auch in den letzten beiden Jahren abgezeichnet.

In welcher Weise beeinflussen die Klimaveränderungen die pflanzliche Produktion in Niedersachsen? Sind vor dem Hintergrund des Klimawandels und durch die zu erwartende Ausweitung der Anbauflächen von Energiepflanzen in Niedersachsen die multifunktionalen Aufgaben der ländlichen Räume (Nahrungs- und Futtermittelproduktion, Energieproduktion, Naturschutz, Wasserwirtschaft, Naherholung) weiterhin gesichert, oder sind

steigende Nutzungskonkurrenzen die Folge? Dies wird weitgehend auch davon abhängen, ob die pflanzliche Produktion in Niedersachsen trotz Klimawandels weiterhin auf einem hohen Niveau erfolgen kann. Nur dann ist Biomasse auch in der Lage, einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten, Nutzungskonkurrenzen zu entschärfen und die Energieversorgung der Bevölkerung aus regenerativen Quellen langfristig abzusichern.

Klimaschutz sollte weiterhin erste Priorität haben, aber gleichzeitig muss über Anpassungsstrategien nachgedacht werden, um mittel- und langfristige Nachteile und Folgeschäden auf Landwirtschaft, Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft abzuwenden.

Um dieser Notwendigkeit Rechnung zu tragen wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) das Forschungsverbundprojektes „Regionales Management von Klimafolgen in der Metropolregion Hannover-Braunschweig-Wolfsburg- Göttingen“ gefördert. Die vorliegenden Untersuchungen wurden im Rahmen dieses Verbundprojektes im Teilprojekt „Energiepflanzen“ durchgeführt ([www.klimafolgenmanagement.de](http://www.klimafolgenmanagement.de)).

Der Fokus der Untersuchungen liegt auf einer retrospektiven Analyse des Klimas, der Veränderungen im Entwicklungsrhythmus der Pflanzen (Phänologie) und der Erträge wichtiger landwirtschaftlicher Nutzpflanzen in Niedersachsen in den vergangenen 60 Jahren. Die Analysen beinhalten sowohl landesweite Auswertungen, als auch die Auswahl von regionalen Leitgebieten in der Metropolregion. Ausgehend von dieser historischen Betrachtung aus dem Beziehungsgeflecht Klima, Phänologie und Ertrag wird versucht, die Ertragsvarianz landwirtschaftlicher Kulturen in der Vergangenheit mit den Klimaveränderungen und den Veränderungen im Entwicklungsrhythmus der Pflanzen (Phänologie) in Beziehung zu setzen. Die Phänologie dient als Indikator zur Beurteilung der Auswirkungen der Klimaveränderungen auf die pflanzliche Produktion. Veränderte phänologische Phasen (z. B. Länge der Vegetationszeit, Eintritt und Phasenlänge wichtiger Entwicklungsstadien) können Hinweise geben auf die zukünftigen Standort- und Produktionsbedingungen der einjährigen Nutzpflanzen in Niedersachsen. Aus diesen Analysen sollen Anbaueignungen von Kulturarten und mögliche Anbaukonzepte mit Energiepflanzen für die Zukunft in der Metropolregion abgeleitet werden.

## 2 Material und Methoden

Datengrundlage für die vorliegenden Auswertungen sind die langjährigen Klimadaten und die langjährigen phänologischen Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) für Niedersachsen.

Als weitere Datenquelle wurden die Agrarstatistik Niedersachsen des Statistischen Landesamtes in Niedersachsen (28) hinzugezogen, um die langjährige Ertragsentwicklung repräsentativer Ackerkulturen auf Landkreisebene zu analysieren. Als Leitregionen innerhalb der Metropolregion wurden die drei Landkreise (LK) Celle, Hildesheim und Göttingen ausgewählt (Abb. 1), da diese die heterogenen Boden- und Klimaeigenschaften innerhalb der Metropolregion gut abbilden.

### 2.1 Klimadaten

Die Klimadaten Niederschlagssumme und Tagesdurchschnittstemperatur liegen für den Zeitraum von 1951 bis 2007 als Tageswerte vor und wurden vom DWD an jeweils einer Messstelle je Landkreis erhoben. Diese Daten wurden durch accessbasierte Auswertungen zu Monats- bzw. Halbjahres- und Jahreswerten und zu phänophasenbezogenen Summen- bzw. Mittelwerten verrechnet. Es erfolgten ebenfalls Analysen, in denen die Jahreswerte über zwei Zeitintervalle (1961–1990; 1991–2007) gemittelt wurden. Diese Vorgehensweise trägt der Kenntnis Rechnung, dass eine Beschleunigung des Klimawandels ab den

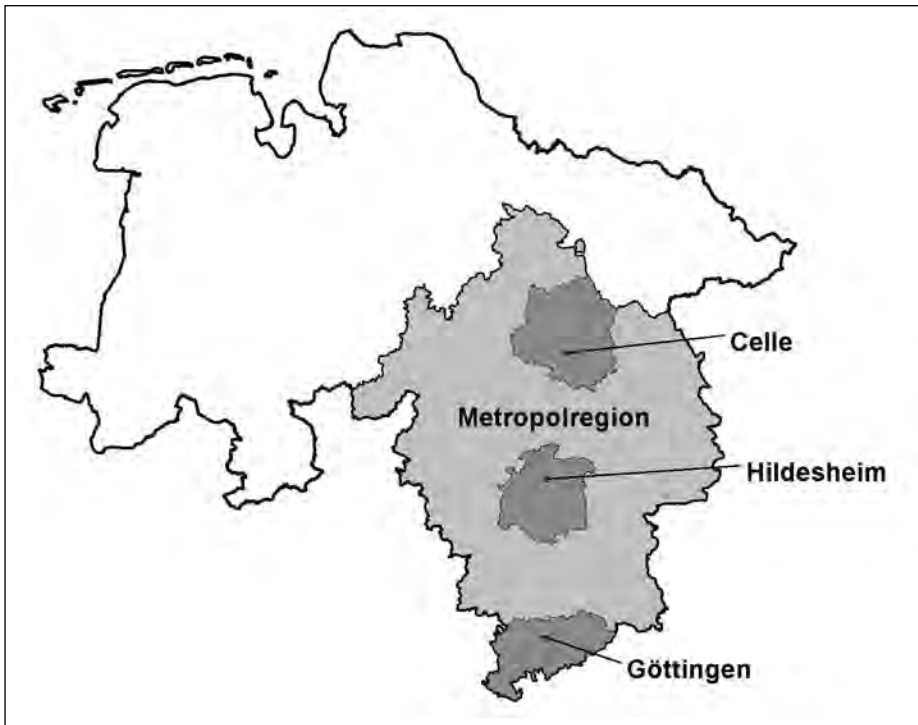


Abb. 1. Lage der Metropolregion Hannover-Braunschweig-Göttingen-Wolfsburg und der drei untersuchten Landkreise Celle, Hildesheim und Göttingen in Niedersachsen

1990er-Jahren erfolgte (6). Die Analysen wurden für die Leitregionen und für Niedersachsen durchgeführt.

## 2.2 Phänologische Daten

Die Phänologie ist die Lehre vom zeitlichen Erscheinen der Entwicklungsstufen unter dem Einfluss der Witterung (26). Nach CHMIELEWSKI (6) stellt die Phänologie eine Möglichkeit dar, die Auswirkungen des Klimas auf die Biosphäre zu erforschen. Es wird sozusagen die Pflanze selbst befragt. Die Phänologie dient damit als Indikator zur Beurteilung der Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die Biosphäre.

Die phänologischen Daten werden jährlich durch den Deutschen Wetterdienst für die wichtigen Kulturpflanzen an ca. 20 Messpunkten je Landkreis erhoben. Es wird das Auftreten wichtiger Entwicklungsstadien (festgelegte phänologische Merkmale) der jeweiligen Kulturen als „Tag im Jahr“ erfasst (z. B. Bestellung, Feldaufgang, Beginn Ährenschieben, Beginn Blüte, Beginn Gelbreife, Beginn Ernte). Auf dieser Grundlage wurde die Dauer der ertragsphysiologisch wichtigen Phasen, die Kornbildungsphase und Vegetationslänge berechnet. Zur weiteren Analyse wurden die Jahresdaten der Einzelmesspunkte niedersachsenweit jeweils zu arithmetischen Mittelwerten verrechnet. Die Zusammenfassung der phänologischen Daten über ganz Niedersachsen wurde vorgenommen, nachdem eine Auswertung der Ergebnisse in den Leitgebieten Göttingen, Celle und Hildesheim keine wesentlichen regionalen Unterschiede erbrachte. Damit stand auch eine breitere Datenbasis für die einzelnen Kulturarten zur Verfügung. Die Auswertungen erfolgten für die

Kulturen Winterweizen, Wintergerste, Sommerhafer, Winterraps, Mais und Zuckerrüben für die Jahre 1961 bis 2008. Da nicht für alle Kulturen immer die gleichen phänologischen Merkmale in allen Jahren an allen Messpunkten erhoben wurden, konnte für die Analyse der Entwicklungsphasen und der Zeitpunkte des Eintretens in bestimmte Entwicklungsphasen nicht bei allen Kulturen auf die gleichen phänologischen Merkmale zurückgegriffen werden. Dies schränkt jedoch lediglich die Vergleichbarkeit zwischen den Kulturen etwas ein, der Trend innerhalb einer Kulturart ist hiervon nicht betroffen. Tabelle 1 veranschaulicht auf welche phänologischen Merkmale bei den einzelnen Kulturen für die Analyse zurückgegriffen werden konnte.

**Tabelle 1. Verwendete phänologische Merkmale für die Auswertung der Phasenlängen Kornbildungsphase und Vegetationslänge bei den unterschiedlichen Kulturarten**

Kulturarten	Phasenlänge Vegetationszeit		
		Phasenlänge Kornbildung	
Winterweizen	Beginn des Auflaufens	Beginn des Ährenschiebens	Beginn der Gelbreife
Winterroggen	Beginn des Auflaufens	Beginn des Ährenschiebens	Beginn der Gelbreife
Wintergerste	Beginn des Auflaufens	Beginn des Ährenschiebens	Beginn der Gelbreife
Winterraps	Beginn der Bestellung	Beginn der Blüte	Beginn der Ernte
Sommerhafer	Beginn des Auflaufens	Beginn des Rispschiebens	Beginn der Gelbreife
Zuckerrüben	Beginn des Auflaufens		Beginn der Ernte
Silomais	Beginn des Auflaufens	Beginn der Blüte	Beginn der Ernte

### 2.3 Ertragsdaten

Die Ertragsdaten liegen beim Statistischen Landesamt Niedersachsen auf Landkreisebene als kleinste verfügbare regionale Einheit vor und werden auf der Grundlage der „Besonderen Ernteermittlungen“ (BEE) als mittlere Jahreswerte angegeben. Die Ertragsstatistik reicht zwar bis ins Jahr 1949 zurück, aber erst seit 1978 wurden jährliche Ertragsbefragungen durchgeführt. Vorher wurden nur alle drei Jahre die Erträge erfasst. Für die Darstellung der langjährigen Ertragsentwicklung wurden die Erträge von vor 1978 einbezogen und auf Basis der alten Landkreise flächengewichtet verrechnet. Für alle anderen ertragsbasierten Auswertungen wurden die Daten von 1978–2008 verwendet.

### 2.4 Statistische Auswertung

Für die statistischen Auswertungen wurde das Statistikpaket „PASW Statistics 18“ eingesetzt. Es erfolgte bei gepaarten Stichproben eine bivariate Korrelation nach PEARSON mit zweiseitigem Test auf Signifikanz. Für ungepaarte Stichproben erfolgte ein Mittelwertvergleich mit T-Test auf zweiseitige Signifikanz. Eine Rangkorrelation nach KRUEGER-SPEARMAN wurde bei der Auswertung der Ertragsentwicklung in verschiedenen Zeitintervallen durchgeführt.



Unterschiede werden bei einem  $p > 0,05$  als nicht signifikant, bei  $p < 0,05$  als signifikant, bei  $p < 0,01$  hoch signifikant und bei  $p < 0,001$  als höchst signifikant ausgewiesen.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Veränderung der Niederschläge und Temperaturen

Um mögliche klimatischen Änderungen in Niedersachsen und den drei Landkreisen Göttingen, Hildesheim und Celle beschreiben zu können, werden die Klimazeiträume 1961 bis 1990 sowie 1991 bis 2007 miteinander verglichen. Die folgenden Tabellen geben die mittleren Jahresniederschläge (Tab. 2) und die mittleren Jahresdurchschnittstemperaturen (Tab. 3), sowie die Änderungen beim Vergleich der Auswertungszeiträume wieder.

Für Niedersachsen wurde eine leichte Zunahme des Jahresniederschlages um 44 mm bzw. 5,8 % festgestellt, der zum größten Teil auf der Zunahme im Winterhalbjahr zurückzuführen ist. Dass die Sommerniederschläge im Landesdurchschnitt ebenfalls leicht anstiegen, ist den niederschlagsreichen nördlichen Landkreisen zuzuschreiben. Mit Blick auf die untersuchten Landkreise zeigt sich ein uneinheitliches Bild. So veränderten sich in den Landkreisen Göttingen und Celle die Niederschläge im Sommerhalbjahr und im Winterhalbjahr kaum, während der Niederschlag in Hildesheim im Winterhalbjahr um 15 % anstieg.

**Table 2. Mittlere Jahresniederschläge (in mm) in den Vergleichszeiträumen 1961 bis 1990 und 1991 bis 2007 in Niedersachsen, den Landkreisen Göttingen, Hildesheim und Celle und Veränderung der Jahresniederschläge (mm, %), aufgeteilt nach Sommer- und Winterhalbjahr (gerundete Werte)**

Region	Niederschlag			
	1961–1990	1991–2007	Änderung	
	[mm]	[mm]	[mm]	[%]
<b>Niedersachsen</b>	<b>758</b>	<b>802</b>	<b>44</b>	<b>5,8</b>
Sommerhalbjahr	396	409	14	3,5
Winterhalbjahr	363	393	30	8,3
<b>LK Göttingen</b>	<b>645</b>	<b>643</b>	<b>-2</b>	<b>-0,3</b>
Sommerhalbjahr	362	349	-13	-4
Winterhalbjahr	283	294	11	4
<b>LK Hildesheim</b>	<b>710</b>	<b>743</b>	<b>33</b>	<b>4,7</b>
Sommerhalbjahr	396	382	-13	-3
Winterhalbjahr	314	361	47	15
<b>LK Celle</b>	<b>811</b>	<b>815</b>	<b>4</b>	<b>0,5</b>
Sommerhalbjahr	414	403	-11	-3
Winterhalbjahr	397	413	16	4

Die niedersachsenweiten Durchschnittstemperaturen stiegen um 10 %, bzw. 0,9 °C beim Vergleich der beiden Zeitspannen. Auch bei den Temperaturen (Tab. 3) zeigt sich, dass im Winterhalbjahr die größten relativen Veränderungen (in %) zu verzeichnen waren.

In allen drei Landkreisen wurden steigende Sommer- und Wintertemperaturen gemessen. Tendenziell war der Temperaturanstieg im nördlichen Landkreis Celle höher als in den beiden südlich gelegenen. Die Winter sind somit im Untersuchungszeitraum milder

und feuchter geworden. Die Sommer sind wärmer geworden und zeigten in den untersuchten Landkreisen leicht rückläufige Niederschläge.

**Tabelle 3. Mittlere Durchschnittstemperaturen (in °C) im Zeitraum 1961 bis 1990 und 1991 bis 2007 in Niedersachsen, den Landkreisen Göttingen, Hildesheim und Celle und Veränderung der Durchschnittstemperaturen (°C, %), aufgeteilt nach Sommer- und Winterhalbjahr (gerundete Werte)**

Region	Durchschnittstemperaturen			
	1961-1990	1991-2007	Änderung	
	[°C]	[°C]	[°C]	[%]
<b>Niedersachsen</b>	<b>8,5</b>	<b>9,4</b>	<b>0,9</b>	<b>10,6</b>
Sommerhalbjahr	13,4	14,5	1,2	8,6
Winterhalbjahr	3,7	4,3	0,7	17,8
<b>LK Göttingen</b>	<b>8,7</b>	<b>9,6</b>	<b>0,9</b>	<b>10,1</b>
Sommerhalbjahr	13,9	15,0	1,1	7,8
Winterhalbjahr	3,5	4,2	0,7	19,1
<b>LK Hildesheim</b>	<b>8,8</b>	<b>9,8</b>	<b>0,9</b>	<b>10,7</b>
Sommerhalbjahr	13,9	14,9	1,0	7,5
Winterhalbjahr	3,8	4,7	0,8	22,1
<b>LK Celle</b>	<b>8,4</b>	<b>9,5</b>	<b>1,1</b>	<b>13,3</b>
Sommerhalbjahr	13,6	15,0	1,5	10,7
Winterhalbjahr	3,3	4,0	0,8	23,8

Abbildung 2 gibt exemplarisch für Niedersachsen die monatlichen Veränderungen von Temperatur und Niederschlag in den Vergleichszeiträumen wieder.

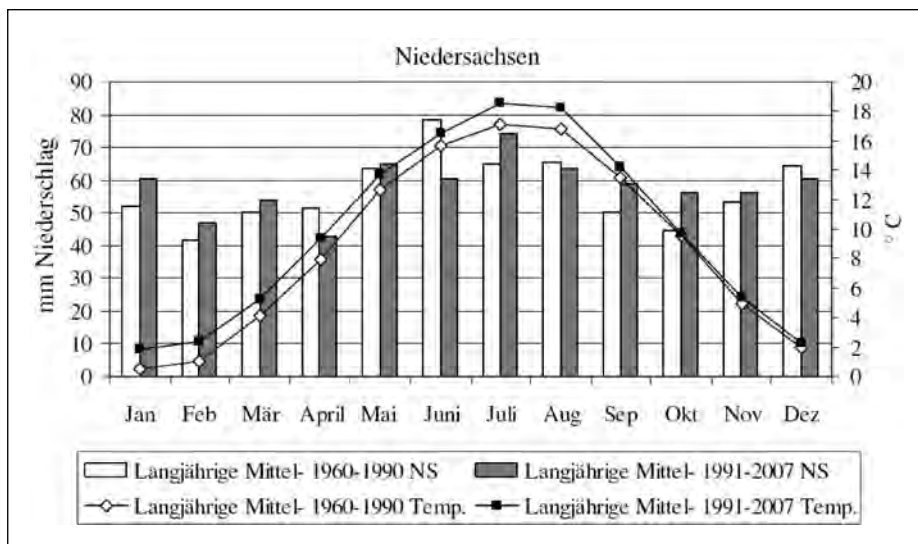


Abb. 2. Monatliche Niederschlagssummen und Durchschnittstemperaturen in den Vergleichszeiträumen 1961 bis 1990 sowie 1991 bis 2007 im Mittel der niedersächsischen DWD Messstellen

Für das Pflanzenwachstum entscheidend sind die Klimabedingungen in der Vegetationszeit. Bemerkenswert ist die deutliche Abnahme der Niederschläge im Juni und die Verlagerung des Höhepunktes der Niederschläge in den Juli. Damit fallen heute mehr Niederschläge in die Erntezeit des Getreides als vor rund 40 Jahren. Auch für den Monat Oktober wurden im Auswertungszeitraum 1991 bis 2007 höhere Niederschläge als in den früheren Jahren gemessen, was sich ebenfalls negativ auf die Ernte der Sommerungen Zuckerrüben und Silomais auswirken kann.

Für die Leitgebiete der Metropolregion, die Landkreise Göttingen, Hildesheim und Celle, wird im Folgenden dargestellt, wie sich Niederschlags- und die Temperatursummen in der Hauptvegetationszeit des Getreides bzw. Rapses (April bis Juni) und der Zuckerrüben bzw. des Silomaises (April bis Oktober) entwickelten (Tab. 4).

**Tabelle 4. Niederschläge in der Hauptvegetationszeit von Getreide/Raps und Blattfrüchten/Silomais in den Vergleichszeiträumen 1961–1990 und 1991–2007 für Niedersachsen und den drei Landkreisen Göttingen, Hildesheim, Celle (gerundete Werte)**

Region	Niederschläge in der Hauptvegetationszeit			
	1961–1990	1991–2007	Änderung	
	[mm]	[mm]	[mm]	[%]
<b>Getreide/Raps: April bis Juni</b>				
Niedersachsen	189	177	-12	-6,6
LK Göttingen	189	167	-23	-12,0
LK Hildesheim	206	178	-28	-13,4
LK Celle	197	179	-18	-9,3
<b>Zuckerrüben/Silomais: April bis Oktober</b>				
Niedersachsen	454	478	24	5,3
LK Göttingen	402	398	-3	-0,8
LK Hildesheim	440	442	2	0,4
LK Celle	473	463	-10	-2,0

Der Rückgang der Niederschläge fällt bei Getreide und Raps in die Phasen des größten Massenwachstums. In den südlichen Landkreisen fiel der Rückgang der Niederschläge höher aus als in Celle, allerdings lagen hier die Niederschlagssummen bereits auf einem niedrigeren Niveau. In der Hauptvegetationszeit von Zuckerrüben und Mais zeigte sich ein deutlich geringerer Rückgang der Niederschläge. Dies wird auf Landesebene als auch in den untersuchten Landkreisen deutlich.

Die Durchschnittstemperatur in der Hauptvegetationszeit ist bei Getreide und Raps im Landesmittel um 9,7 % und bei Zuckerrüben und Mais um 7,6 % angestiegen. In den Landkreisen Göttingen und Hildesheim waren die Temperaturveränderungen geringer als im Landkreis Celle (Tab. 5).

**Tabelle 5. Durchschnittstemperaturen in der Hauptvegetationszeit Getreide/Raps und Blattfrüchten/Silomais in den Vergleichszeiträumen 1961–1990 und 1991–2007 für Niedersachsen und den drei Landkreisen Göttingen, Hildesheim, Celle (gerundete Werte)**

Region	Temperaturen in der Hauptvegetationszeit			
	1961–1990	1991–2007	Änderung	
	[°C]	[°C]	[°C]	[%]
<b>Getreide: April bis Juni</b>				
Niedersachsen	12,1	13,2	1,1	9,1
LK Göttingen	12,1	13,1	1,0	8,2
LK Hildesheim	12,0	13,0	1,0	8,1
LK Celle	12,4	13,5	1,2	9,4
<b>Hackfrüchte: April bis Oktober</b>				
Niedersachsen	13,3	14,3	1,0	7,5
LK Göttingen	13,3	14,2	1,0	7,2
LK Hildesheim	13,3	14,2	0,9	7,0
LK Celle	13,7	14,6	0,9	6,9

Als weitere Indikatoren für Klimaänderungen wurde das Auftreten von Niederschlags- und Temperatur-Extrema im Hinblick auf die Folgen für das Pflanzenwachstum untersucht. Tabelle 6 stellt die Anzahl Tage ohne Niederschläge (Tage im Jahr <1mm NS) und die Anzahl Tage mit extremen Niederschlagsereignissen (Tage im Jahr >30mm NS) für die drei Auswahllandkreise gegenüber.

Die Anzahl trockener Tage mit unter 1 mm Niederschlag hat sich im Zeitraum 1991 bis 2007 im Vergleich zu 1961 bis 1990 zwischen zwei und neun Tagen erhöht. Auch die Anzahl Tage mit extremen Niederschlagsereignissen war in den Landkreisen Hildesheim und Celle um drei Tage höher. Der Landkreis Göttingen zeigt keine wesentlichen Veränderungen.

**Tabelle 6. Veränderung von Niederschlagsextremen (Tage mit Niederschlägen <1 mm, Tage mit Niederschlägen >30 mm) in den Vergleichszeiträumen 1961–1990 und 1991–2007 in den drei Landkreisen Göttingen, Hildesheim, Celle (gerundete Werte)**

Landkreis	Niederschlagsextreme in den Leitgebieten			
	1961–1990	1991–2007	Änderung	
	[mm]	[mm]	[mm]	[%]
<b>Tage Niederschlag &lt;1 [mm]</b>				
Göttingen	174	183	9	5,2
Hildesheim	171	173	2	1,2
Celle	171	177	6	3,5
<b>Tage Niederschlag &gt;30 [mm]</b>				
Göttingen	66	65	-1	-1,5
Hildesheim	72	75	3	4,2
Celle	69	72	3	4,3

Des Weiteren wurden die für das Pflanzenwachstum relevanten Vegetationstage (Tage mit Durchschnittstemperaturen  $>5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , bzw.  $>10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) analysiert (Tab. 7).

Die Auswertung zeigt für die drei Landkreise ein recht einheitliches Bild. Die Tage mit Temperaturen größer  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Wachstumsbeginn der  $C_3$ -Pflanzen) haben jeweils um zehn bis zwölf Tage zugenommen und die Tage mit Temperaturen über  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Wachstumsbeginn der  $C_4$  Pflanzen) haben um die gleiche Anzahl Tage zugenommen. Das bedeutet, dass für alle zusätzlichen Vegetationstage Tagesdurchschnittstemperaturen über  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  gemessen wurden.

**Tabelle 7. Veränderung der Anzahl von Vegetationstagen; (Tage mit Temperaturen  $<5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; Tage mit Temperaturen  $>10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) in den Vergleichszeiträumen 1961–1990 und 1991–2007 in den drei Landkreisen Göttingen, Hildesheim, Celle (gerundete Werte)**

Landkreis	Vegetationstage in den Leitgebieten			
	1961–1990	1991–2007	Änderung	
	Anzahl Tage	Anzahl Tage	Anzahl Tage	[%]
<b>Tage mit Temperaturen <math>&gt;5\text{ }^{\circ}\text{C}</math></b>				
Göttingen	248	259	12	4,4
Hildesheim	254	267	14	5,1
Celle	255	264	10	3,5
<b>Tage mit Temperaturen <math>&gt;10\text{ }^{\circ}\text{C}</math></b>				
Göttingen	167	179	12	7,2
Hildesheim	171	185	14	8,2
Celle	173	183	10	5,8

### 3.2 Phänologische Phasen

In Tabelle 8 sind die mittleren Eintrittstage verschiedener phänologischer Phasen im Jahr, die daraus berechneten Längen der Vegetationszeit und der Kornbildungsphase in den Zeitintervallen 1961–1990 und 1991–2008 bei verschiedenen Ackerkulturen dargestellt. Die Auswertungen beziehen sich auf ganz Niedersachsen, da beim Vergleich der Zeitreihen nur geringe regionale Unterschiede zu verzeichnen waren (s. o.).

Der Bestelltermin/Auflauftermin zeigt beim Vergleich der beiden Auswertungszeiträume bei Winterraps und Wintergerste kaum Veränderungen. Lediglich bei Weizen wurde in den Jahren 1991 bis 2008, im Vergleich zu der Zeitspanne 1960 bis 1990, signifikant früher bestellt. Die Getreidearten und Raps kamen signifikant früher in die Phase des Ährenschiebens/bzw. zur Blüte (Raps), die Vegetationszeit wurde aber nur bei Weizen, Gerste und Hafer signifikant verkürzt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Kornbildungsphase bei allen drei Getreidearten signifikant verkürzt wurde. Raps reagierte gegen den Trend der anderen Winterungen mit einer signifikant längeren Kornbildungsphase in dem späteren Auswertungszeitraum.

Die Sommerungen profitierten von den höheren Temperaturen im Frühjahr, sie wurden früher bestellt und liefen, im Vergleich mit der früheren Zeitspanne, früher auf. Die Vegetationslänge hat sich jedoch kaum verändert, tendenziell ist sie bei den Sommerungen Zuckerrüben und Silomais sogar etwas länger geworden.

**Tabelle 8. Mittlere Eintrittstage verschiedener phänologischer Phasen im Jahr, Länge der Vegetationszeit und Länge der Kornbildungsphase in den Vergleichszeiträumen 1961–1990 und 1991–2008 bei verschiedenen Ackerkulturen in Niedersachsen**

Ackerkultur	Vergleichs- zeiträume	Beginn der Bestellung bzw. Auflaufens		Beginn der Blüte bzw. Ährenschieben		Veg. Länge	Phase Korn- bildung
		Tag im Jahr	Datum	Tag im Jahr	Datum	Anzahl Tage	Anzahl Tage
Winterweizen	1961–1990	303	29. Okt.	161	09. Jun.	279	55
	1991–2008	295*	21. Okt.	154***	02. Jun.	275*	50***
Winterroggen	1961–1990	289	15. Okt.	142	21. Mai	283	66
	1991–2008	286	12. Okt.	136**	15. Mai	277**	62***
Wintergerste	1961–1990	277	03. Okt.	142	21. Mai	280	50
	1991–2008	275	01. Okt.	135**	14. Mai	270***	45
Winterraps	1961–1990	237	24. Aug.	130	09. Mai	331	74
	1991–2008	239	26. Aug.	119***	28. Apr.	333	87***
Sommerhafer	1961–1990	105	14. Apr.	169	17. Jun.	113	49
	1991–2008	103	12. Apr.	164***	12. Jun.	104***	44***
Zuckerrüben	1961–1990	123	02. Mai			158	
	1991–2008	118***	27. Apr.			162*	
Silomais	1961–1990	137	16. Mai			137	
	1991–2008	132*	11. Mai			141	

P < 0,05 = signifikant\*; P < 0,01 = hoch signifikant\*\*; P < 0,001 = höchst signifikant\*\*\*

### 3.3 Langjährige Ertragsentwicklung

Da sich in Bezug auf die Ertragsentwicklung bei allen Kulturen in den drei Leitgebieten der gleiche Trend abzeichnete, wird bei der Ergebnisdarstellung auf eine umfassende regionale Darstellung verzichtet und nur die niedersachsenweiten Ergebnisse vorgestellt. Lediglich anhand des Winterweizens soll beispielhaft die Ertragsentwicklung in den Leitgebieten im Vergleich zur niedersachsenweiten Entwicklung dargestellt werden (Abb. 3). Neben einer kontinuierlichen Steigung der Weizenerträge in den letzten Jahrzehnten werden große „Ertragssprünge“, als Abweichung der Erträge von der Trendkurve deutlich. Besonders große Ertragseinbrüche und Abweichungen von der Trendkurve sind ab dem Jahre 2002 zu verzeichnen (2002 bis 20 % im Landkreis Celle). Diese zunehmenden Ertragsschwankungen sind auch bei den anderen Getreidearten und Winterraps zu verzeichnen. Sie folgen dem Kurvenverlauf von Winterweizen auf einem niedrigeren Niveau (ohne Abb.).

In Tabelle 9 ist auf Basis einer Trendberechnung der jährliche Zuwachs an Ertrag und das Bestimmtheitsmaß ( $r^2$ ) für verschiedene Getreidearten in drei Auswertungszeiträumen für Niedersachsen dargestellt. Im längsten Auswertungszeitraum 1949 bis 2008 wird deutlich, dass bei allen Kulturarten teilweise sehr hohe jährliche Ertragszuwächse pro Hektar erreicht wurden. Kulturartenspezifisch liegen diese Zuwächse auf unterschiedlichem Niveau. Unter den Getreidearten liegt erwartungsgemäß Winterweizen an der Spitze der

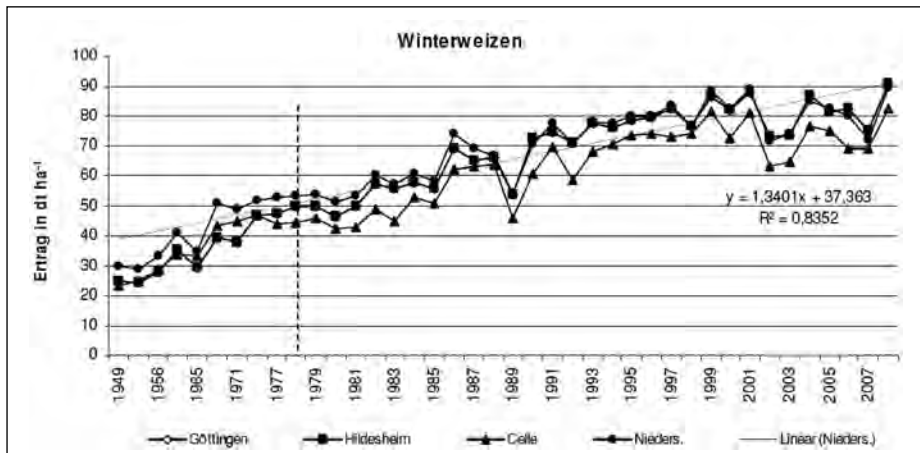


Abb. 3. Entwicklung des Winterweizenenertrages in dt ha<sup>-1</sup> von 1949 bis 2008 in Niedersachsen und den Landkreisen Göttingen, Hildesheim und Celle sowie die Trendkurve für Niedersachsen

Zuwächse, auch bei den Sommergetreidearten nimmt Sommerweizen die Spitzenstellung ein. Winterroggen folgt dem Winterweizen und nimmt die zweite Stelle ein, während die Wintergerste hinter dem Roggen zurückfällt. Bei den Sommerungen hebt sich die Zuckerrübe mit ihren jährlichen Zuwächsen deutlich vom Silomais ab. Bemerkenswert ist, dass das Bestimmtheitsmaß, als Maß für die statistische Sicherheit der Trendberechnung und der Zuwächse, bis auf Silomais und Sommerhafer bei allen anderen Kulturarten im Auswertungszeitraum 1949 bis 2008 auf einem sehr hohen Niveau liegt. Dieser Befund wird jedoch erheblich in seiner Aussage eingeschränkt, wenn man den Trend getrennt für die späteren Zeiträume analysiert. Sowohl die Ertragszuwächse als auch das Bestimmtheitsmaß wird deutlich kleiner. Insbesondere im jüngsten Auswertungszeitraum 1991 bis 2008 fällt der Zuwachs deutlich geringer aus; hier zeigen lediglich Winterraps, Zuckerrüben und Silomais signifikante jährliche Ertragszuwächse. Für Wintergetreide und Sommerhafer konnten keine signifikanten Ertragszuwächse mehr ermittelt werden.

Tabelle 9. Ertragszuwächse (in dt ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup>) und Bestimmtheitsmaße (r<sup>2</sup>) in verschiedenen Vergleichszeiträumen bei verschiedenen Kulturarten in Niedersachsen (Modell: Rangkorrelation)

Kultur	1949–2008		1960–1990		1991–2008	
	Ertragszuwachs [dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	r <sup>2</sup>	Ertragszuwachs [dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	r <sup>2</sup>	Ertragszuwachs [dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	r <sup>2</sup>
Winterweizen	1,34	0,84	0,98	0,71	0,29	0,07
Winterroggen	1,00	0,80	0,47	0,67	0,42	0,10
Wintergerste	0,85	0,75	0,56	0,65	0,45	0,09
Winterraps	0,37	0,69	0,32	0,68	0,56	0,42
Sommerhafer	0,38	0,36	0,28	0,16	-0,03	0,00
Zuckerrübe	6,67	0,82	2,97	0,31	8,38	0,78
Silomais	1,92	0,19	0,97	0,06	4,47	0,43

### 3.4 Korrelationen zwischen Ertrag und phänologischen Merkmalen

In dieser Analyse wurde geprüft, ob sich die Verschiebungen in den phänologischen Merkmalen bei den untersuchten Kulturarten auf die Erträge der Kulturen auswirken. Die kulturartspezifischen Merkmale (Beginn Schossen, Beginn Ährenschieben, Beginn Blüte, Beginn Gelbreife) wurden als Variable „Tag im Jahr“ bzw. als Anzahl Tage in der Vegetationszeit und Anzahl Tage in der Kornbildungsphase mit der Variablen „Ertrag“ korreliert. Tabelle 10 zeigt die zusammengefassten Ergebnisse.

Der Eintrittstermin der phänologischen Merkmale „Beginn Schossen, Beginn Ährenschieben, Beginn Blüte, Beginn Gelbreife, Beginn Ernte im Jahr“ steht bei allen Winterungen und bei Zuckerrüben in negativer Beziehung zum Ertrag. Das bedeutet, dass sich ein früher Eintritt (frühes Datum = kleine Zahl) positiv auf die Ertragshöhe auswirkt und ein später Eintritt den Ertrag negativ beeinflusst. Die in den letzten Jahren beobachtete kalendarische Verfrüfung der wichtigen Entwicklungsphasen steht somit in positiver Beziehung zum Ertrag. Überraschenderweise steht die Dauer der Kornbildungsphase (Anzahl Tage) bei den Wintergetreidearten in negativer Beziehung zum Ertrag, während die Dauer der gesamten Vegetationszeit bei Weizen und Roggen keinen signifikanten Einfluss ausübt. Auch hier gilt, eine kurze Kornbildungsphase wirkt sich positiv auf die Ertragshöhe aus. Anders als die Wintergetreidearten reagiert Winterraps in Bezug auf die Dauer der Kornbildungsphase. Eine lange Kornbildungsphase sowie eine lange Vegetationszeit stehen in positiver Beziehung zur Ertragshöhe. Auch bei den Sommerungen Zuckerrüben und Silomais ist eine lange Vegetationszeit positiv mit dem Ertrag korreliert und bei Silomais steht die Dauer der Kornbildungsphase in positiver Beziehung zum Ertrag.

**Tabelle 10. Korrelationsbeziehungen zwischen dem Ertrag mit dem Zeitpunkt des Auftretens phänologischer Merkmale (Tag im Jahr) bei verschiedenen Kulturen; Auswertungszeitraum 1961 bis 2008**

phänologische Merkmale	Winterweizen	Winterroggen	Wintergerste	Winterraps	Sommerhafer	Zuckerrüben	Silomais
Bestellung	-0,804**	-0,409**		n. s.			
Auflaufen	-0,764**	-0,214*	-0,407**		n. s.	-0,531**	n. s.
Schossen	-0,689**	-0,382**	-0,542**		n. s.		
Blüte/AS	-0,532**	-0,400**	-0,519**	-0,509**			n. s.
Gelbreife	-0,650**	-0,367**	-0,672**	0,429**	n. s.		
Ernte						-0,475**	n. s.
Dauer Kornbildung	-0,475**	-0,260*	-0,544**	0,740**	n. s.		0,330**
Dauer Vegetation	n. s.	n. s.	-0,649**	0,423**	n. s.	0,282*	0,295*

P < 0,05 = signifikant\*; P < 0,01 = hoch signifikant\*\*; P < 0,001 = höchst signifikant\*\*\*; n. s. = nicht signifikant



## 4 Diskussion

### 4.1 Klimaänderung

Die Auswertungen der Klimadaten für die Leitgebiete Göttingen, Hildesheim und Celle sowie niedersachsenweit zeigen, dass der Klimawandel in der Metropolregion Hannover-Braunschweig-Göttingen bereits stattfindet. Die Klimaveränderungen, repräsentiert durch gestiegene Temperaturen in allen Monaten des Jahres und eine Veränderung der Niederschlagsverteilung in der Hauptvegetationszeit des Getreides, sind bereits für die letzten 20 Jahre feststellbar. Für das Pflanzenwachstum besonders nachteilig sind der Rückgang der Niederschläge innerhalb der Sommermonate, in denen ein großes Massenwachstum und die Kornausbildung bei Getreide stattfinden (April bis Juni), sowie eine Verlagerung der Niederschläge in den Haupterntemonat des Getreides (Juli). Des Weiteren stiegen die Niederschläge auch in den Herbstmonaten September und Oktober und erhöhen damit das Schlechtwetterisiko für die Zuckerrüben- und Silomaiserte. In den Sommermonaten stieg in den Leitgebieten der Metropolregion auch die Anzahl Tage ohne Niederschläge.

### 4.2 Nutzbare Vegetationszeit

Als positiv zu bewerten ist jedoch, dass in den Leitgebieten Landkreis Göttingen, Hildesheim und Celle die für  $C_3$ - und  $C_4$ -Pflanzen nutzbare Vegetationszeit, das heißt die Zeit, die den Pflanzen potenziell für ihr Wachstum innerhalb eines Jahres zur Verfügung steht, durch den Klimawandel verlängert wurde. Die Anzahl der Tage über  $10^\circ\text{C}$  Tagesdurchschnittstemperatur stieg um zehn bis vierzehn Tage. Dies hat insbesondere auch für die  $C_4$ -Kulturen wie Mais Bedeutung, deren Temperaturoptimum für die Fotosynthese höher liegt als das der  $C_3$ -Pflanzen. Besonders die Frühjahrstemperaturen sind entscheidend für den Wachstumsbeginn bzw. die Weiterentwicklung der Winterungen nach der Winterpause.

In den mittleren Breiten Europas werden die Entwicklungsgeschwindigkeit der Pflanzen und der Eintritt in Entwicklungsphasen maßgeblich durch die Lufttemperatur gesteuert (6, S. 28; 11, S. 128). Steigende Temperaturen beschleunigen die Entwicklung und das Wachstum in Abhängigkeit von der Nährstoff- und Wasserversorgung bis zu einem artspezifischen Optimum. Eine Vielzahl von Wissenschaftlern insbesondere der Regionen in den gemäßigten und höheren Breiten, in denen ein ständiger Wechsel zwischen aktiver Wachstumszeit im Sommer und Ruhezeit im Winter stattfindet, haben sich mit den Veränderungen in der Pflanzenentwicklung beschäftigt (6, S. 28). Laut CHMIELEWSKI (6) findet die Mehrzahl der Autoren eine deutliche Veränderung der Pflanzenentwicklung im Frühjahr vor, die aus der verhältnismäßig hohen Variabilität der Lufttemperaturen im Frühjahr resultiert. Dies lässt sich gut nachvollziehen, da die Temperaturen im zeitigen Frühjahr noch unterhalb der für die Pflanzenentwicklung liegenden Optima liegen und sich positive Veränderungen beschleunigend auf die Pflanzenentwicklung auswirken. Im Mittel von 40 Jahren Betrachtungszeitraum (1961–2000) beobachtete CHMIELEWSKI (6) unabhängig von der Pflanzenart, einen um etwa acht Tage früheren Eintritt in typische Frühjahrsphasen bei verschiedenen Gehölzen, Bäumen und Winterroggen.

### 4.3 Beginn und Dauer der Phänophasen

Der frühere Beginn der Vegetationszeit drückt sich bei den vorliegenden Untersuchungen bei den Sommerungen Silomais und Zuckerrüben durch einen fünf Tage früheren Feldaufgang aus. Unter den Winterungen wurden lediglich bei Winterweizen signifikante Veränderungen beim Feldaufgang festgestellt, dieser erfolgte im Vergleich zum Referenzzeitraum

acht Tage früher. Bei allen Winterungen und beim Sommergetreide erfolgte ein früherer Eintritt in die Phänophase Ährenschieben bzw. Blüte. Die  $C_3$ - Wintergetreidearten kamen fünf bis sieben Tage früher in die Phase des Ährenschiebens, bei Winterraps wurde die Blüte sogar elf Tage kalendarisch vorverlegt. Der beschleunigende Trend in der Entwicklung der Pflanzen setzt sich jedoch bei den hier untersuchten Kulturarten nicht bis zum Ende der Entwicklung fort. Bei den Sommerungen Zuckerrübe und Silomais resultiert der frühere Start der Entwicklung nicht in einer früheren Ernte, sondern die Vegetationszeit ist sogar tendenziell verlängert. Das bedeutet, die beschleunigende Wirkung der Temperatur nimmt langsam ab und kehrt sich bei diesen Kulturen in eine z. T. verspätete Entwicklung um. Diesen Effekt der Umkehr der Beschleunigung findet auch CHMIELEWSKI (6, S. 29), allerdings nur bei mehrjährigen Gehölzen. Bei den hier untersuchten Getreidearten dagegen setzt sich die Entwicklungsbeschleunigung bis zum Ende der Vegetationszeit fort und resultiert in einer signifikant kürzeren Anzahl an Vegetationstagen im Vergleich zu dem Referenzzeitraum. Bei Wintergerste und Sommerhafer nimmt die Beschleunigung sogar noch bis zur Kornreife zu. Das deutet auf eine unterschiedliche Temperatursensibilität dieser Kulturarten hin. Untersuchungen von CHMIELEWSKI und KÖHN (7) stützen diese These: laut ihrer Analysen nimmt die Hitzesensibilität von Hafer über Gerste, Roggen und Weizen ab. Nach FRANZARING et al. (12) sind neben den artenspezifischen Temperaturoptima der Nutzpflanzen auch die Anfälligkeit für Temperaturextrema in bestimmten Entwicklungs- und Wachstumsphasen mit Auswirkungen auf die Ertragsleistung zu beachten. Dies betrifft vor allem die generativen Stadien der Pflanzenentwicklung so z. B. die Blütenbildung bei Getreide.

Die Kornbildungsphasen sind in den vorliegenden Untersuchungen bei allen Getreidearten um vier bis fünf Tage signifikant verkürzt.

#### 4.4 Phänologische Phasen und Ertragsbildung

Die Korrelationen der phänologischen Phasen mit dem Ertrag zeigen unerwartete Beziehungen auf. Die bei allen Kulturen nachgewiesene Entwicklungsbeschleunigung, durch einen früheren Eintritt in wichtige Phänophasen und verkürzte Kornbildungsphasen, steht in positiver Beziehung zum Ertrag (negatives Vorzeichen  $\rightarrow$  kurze Phase = hoher Ertrag). Das bedeutet, dass trotz der Entwicklungsbeschleunigung und einer verkürzten Ontogenese die Erträge angestiegen sind. Im Gegensatz zu diesem Befund betont POMMER (24) den positiven Einfluss einer verlängerten Kornbildungsphase auf den Ertrag und empfiehlt zur Sicherung eines ungehinderten Assimilationsstrom ins Korn, den möglichst langen Erhalt der grünen Blattfläche durch produktionstechnische Maßnahmen (Düngung, Pflanzenschutz). Nach OTTER (23) kann dagegen ein früherer Eintritt in die phänologischen Phasen auch als verbesserte Standortgunst interpretiert werden. Offensichtlich können die Pflanzen durch den früheren Start im Jahr ihre Entwicklungsphasen noch in ausreichender Zeit durchlaufen, sodass die Anlage und Ausdifferenzierung der Ertragsorgane nicht im besonderen Maße in Mitleidenschaft gezogen werden. Dies zeigt die hohe Anpassungsfähigkeit der Pflanzen, auf klimatischen Veränderungen zu reagieren.

#### 4.5 Weitere Interaktionen mit dem Ertrag

Die signifikanten Korrelationsbeziehungen weisen zwar auf den Einfluss veränderter Phänophasen auf die Ertragsbildung hin, andere Faktoren, wie z. B. der Züchtungsfortschritt, die Verbesserung der Produktionstechnik und eine verbesserte Trockentoleranz bei  $C_3$ -Kulturen durch erhöhte  $CO_2$ -Konzentrationen in der Atmosphäre (30, S. 20) stehen aber ebenfalls in Interaktion mit dem Ertrag und können negative phänologische Effekte überlagern bzw. negative klimatische Effekte auf den Ertrag kompensieren. Die

Züchtung von neuen Sorten, die sich im Vergleich zu älteren Sorten durch eine höhere Umlagerungsgeschwindigkeit der Assimilate ins Korn auszeichnen, könnte ebenfalls die Anpassungsfähigkeit der moderneren Sorten an die Klimabedingungen verbessert haben. In der Weizenzüchtung versucht man durch Selektion auf eine frühe Blüte Sorten mit dem sogenannten „Escape“-Effekt zu züchten, die der Frühsommertrockenheit durch frühere Reife entkommen (20, S. 80).

Der Ertrag ist somit immer das Ergebnis einer multifaktoriellen Beeinflussung durch Klima, Witterung, Züchtung und Produktionstechnik. Letztendlich bestimmen die Wechselwirkungen mit Klima- und Wachstumsfaktoren wie z. B. Nährstoffversorgung, Wasser- und Schädlingverfügbarkeit und Schädlingsbefall die Richtung und das Ausmaß der Wirkung auf den Ertrag (30, S. 26).

#### 4.5.1 *Winterraps*

Winterraps reagiert phänologisch anders als die Wintergetreide und die Sommerungen. Während die Blüte heute ebenso wie bei den Getreidearten deutlich früher eintritt, kehrte sich die Beschleunigung vor der Blüte in eine verlangsamte Entwicklung nach der Blüte um und führte zu einer signifikant längeren Kornbildungsphase und tendenziell zu einer etwas längeren Vegetationszeit. Vermutlich wurden die Ertragssteigerungen bei Raps, die gegen den Trend bei den anderen Winterungen in den letzten 20 Jahren besonders hoch waren (s. Tab. 9), über eine frühe Blüte und eine lange Kornbildungsphase realisiert. Offensichtlich blieb der Raps durch die frühe Blüte Ende April weitgehend von einer weiteren Entwicklungsbeschleunigung durch klimatische Effekte verschont. Aber auch hier sind die Einflüsse der Züchtung auf das angebaute Sortenspektrum über die Jahre als weitere Einflussgröße zu vermuten.

#### 4.5.2 *Zuckerrüben und Silomais*

Zuckerrüben und Silomais werden heute trotz früherem Beginn der Aussaat nicht früher geerntet. Die Vegetationszeit hat sich tendenziell verlängert, was möglicherweise nicht nur klimatisch sondern auch durch die Wahl späterer Sorten bei Silomais und damit einer Anpassung an die klimatischen Bedingungen bedingt wird. Die an tropische/subtropische Klimaten angepasste C<sub>4</sub>- Kultur Mais zeigt erwartungsgemäß keine Entwicklungsbeschleunigung durch die veränderten Klimabedingungen. Die verlängerte Vegetationszeit wird vielmehr in einen höheren Ertrag umgesetzt. Auch die Zuckerrüben profitieren ertraglich von der längeren Vegetationszeit.

#### 4.5.3 *Abnehmende Ertragszuwächse*

Wie Tabelle 9 zeigt, waren im Auswertungszeitraum 1991 bis 2008 im Vergleich zu den vorangegangenen Auswertungszeiträumen die Ertragszuwächse bei den Wintergetreidearten deutlich kleiner und das Bestimmtheitsmaß für die Korrelation sank ebenfalls ab, was auf die geringere statistische Sicherheit der Trendberechnung und der Zuwächse hinweist. Besonders bei Winterweizen ist der abnehmende Ertragszuwachs sehr ausgeprägt. Auch KUNERT und SCHMOLKE (20) fanden bei Auswertungen der Winterweizenerträge in Bayern ab 1990 keine Produktionssteigerungen mehr. Lediglich Winterraps und die Sommerungen Silomais und Zuckerrüben konnten in der vorliegenden Untersuchung ihre Ertragszugewinne im letzten Auswertungszeitraum steigern. Als Ursache für die geringen Ertragszugewinne bei anderen Kulturen sind neben extremen klimatischen Ereignissen, die in größerer Häufigkeit ab 2001 auftraten, auch weitere Ursachen zu suchen: Neben dem Züchtungsziel „Ertrag“ stehen zunehmend Resistenzzüchtungen gegen Krankheiten und die Trockentoleranz der Sorten im Vordergrund der Züchtung, um negative Auswirkungen des Klimas auf die Erträge und die Gesundheit der Pflanze zu minimieren (25; 18). Dass Resistenz- bzw. Toleranzzüchtung zulasten des Ertrages geht, stellten auch BOKELOW

et al. (4) fest. Zunehmend enger werdende Fruchtfolgen in Niedersachsen mit nur noch zwei oder drei Fruchtfolgegliedern (16, S. 307) können ebenfalls dazu beitragen, dass das Ertragspotenzial der Sorten nicht mehr ausgeschöpft wird (2).

#### 4.5.4 Einfluss klimatischer Extremjahre

Abbildung 3 zeigt, dass bei Weizen insbesondere ab 2002 große Ertragseinbrüche zu verzeichnen waren, sodass im letzten Auswertungszeitraum (1991 bis 2008) keine signifikanten Ertragssteigerungen mehr nachzuweisen sind. Analysiert man die klimatischen Ursachen der starken Ertragseinbrüche (über 20 % bei Weizen und Roggen) in 2002, 2003 und 2007, die mehr oder weniger bei allen Winterungen zu verzeichnen waren, stellt man fest, dass 2003 in der Hauptvegetationszeit des Getreides (April bis Juni) nur 50 % bis 61 % der durchschnittlichen Niederschläge der Periode 1991 bis 2007 in den Leitgebieten Göttingen, Celle und Hildesheim fielen und die Temperatursummen um 40 bis 58 % überschritten wurden. In 2002 und 2007 wurden überdurchschnittlich hohe Niederschläge (bis 40 bis 60 % mehr als der Durchschnitt), 2002 moderat höhere Temperatursummen und 2007 deutlich höhere Temperatursummen gemessen. Die klimatischen Bedingungen für hohe Getreideerträge spiegeln dagegen die Jahre 1999 und 2001 wieder. Diese Jahre zeichneten sich durch durchschnittliche Niederschläge in der Hauptvegetationszeit, sowie unterdurchschnittliche bis durchschnittliche Temperatursummen aus.

## 4 Schlussfolgerungen

Übertragung auf den Energiepflanzenanbau: Welche Schlüsse kann man aus den vorliegenden Befunden für den Anbau von Energiepflanzen in der Metropolregion ziehen?

Als Gärsubstrat für Biogasanlagen werden in Niedersachsen in erster Linie Mais, aber auch Roggen, Triticale, Ackergras und Zuckerrüben angebaut (16, S. 316). Die vorliegenden langjährigen Zeitreihen zu den Erträgen und den Auswirkungen des Klimas auf die phänologischen Merkmale der untersuchten Nutzpflanzen können somit auch auf die Energiepflanzen übertragen werden, da sie aus dem Spektrum der Nahrungs- und Futtermittelkulturen kommen. Wie die vorliegenden Befunde nahe legen, kommen dem Mais als C<sub>4</sub>-Pflanze die veränderten klimatischen Bedingungen mit höheren Temperaturen, niedrigeren Sommerniederschlägen, früherem Start in das Vegetationsjahr und längere Vegetationszeit ertraglich zugute. Aufgrund seines anderen Mechanismus zur CO<sub>2</sub>-Fixierung und der Kranz-Typ-Anatomie seiner Blattzellen ist seine Wassernutzungseffizienz besser als die der C<sub>3</sub>-Kulturen, was bei den beschriebenen klimatischen Änderungen Vorteile verschafft (21). Auch die Zuckerrüben profitierten von der verlängerten Vegetationsperiode, durch die sie ihr Ertragspotenzial besser ausschöpfen können.

Die Wintergetreidearten Roggen und Triticale spielen zur Diversifizierung von maisintensiven Biogasfruchtfolgen in Niedersachsen in Zukunft eine große Rolle (16, S. 319). Als Gärsubstrat werden sie bereits in der Milch- bis Teigreife, also ca. vier Wochen vor der Vollreife, geerntet, sodass sie durch die Frühsommertrockenheit weniger stark beeinträchtigt werden als Korngetreide. Wie die vorliegenden Ergebnisse zum Wintergetreide zeigen, sind die phänologischen Entwicklungsphasen im Vergleich zu früheren Jahren kalendarisch vorverlegt, sodass die Ganzpflanzenernte z. B. bei Triticale oder Roggen ebenfalls ca. fünf bis sechs Tage früher erfolgen kann (Mitte Juni).

Perspektive für neue Kulturarten: In Verbindung mit einer längeren effektiven Vegetationsdauer im Jahr kann mittelfristig, nach weiterer züchterischer Bearbeitung, auch der Anbau von Sorghumhirsen als Zweitfrucht nach der Getreide-Ganzpflanzenernte zur Silierung (GPS) interessant werden. Zur Zeit erreichen die Sorghumhirsen nach Wintertriticale- oder Winterroggen GPS in der Metropolregion noch nicht die Siloreife, wie

Anbauversuche in der Praxis in den Jahren 2009 und 2010 zeigen (KARPENSTEIN-MACHAN, unveröffentlicht; 5). Auch Amaranth, Sonnenblumen und Zwischenfrüchte wie Ölrettich, Senf, Phacelia erreichen zwar in den verbleibenden zwölf bis vierzehn Wochen Vegetationszeit akzeptable Biomasseerträge (5 bis 7 t TM/ha), aber aufgrund ihrer hohen Wassergehalte sind Ernte und Transport mit Verlusten und höheren Kosten verbunden. Hier sollten zukünftig Sorten bereitgestellt werden, die eine kürzere Vegetationsdauer bzw. eine höhere fotoperiodische Sensibilität besitzen, sodass sie im Herbst schneller die Reife erreichen. Besser geeignet als Zweitkulturen sind gegenwärtig Sommergetreide, wie z. B. Sommerhafer oder Sommerroggen, die unter den derzeitigen klimatischen Bedingungen in der Metropolregion Ende September/Anfang Oktober die Siloreife erreichen (17, S. 27). Gräser, wie Welsches Weidelgras oder Wiesenschwingel als Untersaat unter Getreide-GPS können ebenfalls die Vegetationszeit nach der GPS Ernte im Juni bis zum Herbst produktiv nutzen, um Biomasse zu bilden. Des Weiteren wird durch die Bodenbedeckung über Winter der Erosion vorgebeugt und die Tragfestigkeit des Bodens sowie der kapillare Aufstieg des Bodenwassers im Frühjahr verbessert. Winterhafer und Winterleguminosen, die ebenfalls ein hohes Biomasseertragspotenzial besitzen (17, S. 19) haben eine Chance als Biomassekultur, da ihr Auswinterungsrisiko in milderen Wintern geringer wird.

Potenzial von Fruchtfolgegestaltung und Diversifizierung: Insgesamt gilt es in Zukunft die Fruchtfolgen wieder artenreicher zu gestalten, um das Witterungsrisiko auf verschiedene Kulturen zu verteilen (8, S. 16). Nach SEYFERT und RUNGE (27) sind die klimatischen Ansprüche im Jahresverlauf von Halm- und Blattfrüchten so unterschiedlich, dass es selten vorkommt, dass beide im gleichen Jahr Spitzenerträge oder auch große Ertragseinbrüche erleben. Auch der Mischanbau verschiedener Arten oder Sorten kann durch die erhöhte Biodiversität klimabedingte Risiken minimieren (1; 15, S. 216). Eine weitere Fruchtfolge verhilft auch dazu Fruchtfolgekrankheiten zu reduzieren und das züchterische Ertragspotenzial besser auszuschöpfen. Energiepflanzen lassen sich idealerweise in Fruchtfolgen mit Nahrungs- und Futterpflanzen integrieren und können dazu beitragen, den Anbau von Kulturpflanzen artenreicher und damit in Zukunft auch unter höherer klimatischer Variation ertragsstabiler zu gestalten. Weitere Anstrengungen sind allerdings notwendig, um die Kulturarten durch Züchtung an das veränderte Klima und insbesondere auch an veränderte Anbaukonzepte des Energiepflanzenbaus anzupassen. Darüber hinaus ist es eine gesellschaftliche Notwendigkeit, die Energieversorgung auf regenerative Energien beschleunigt umzusetzen, um klimabedingte Risiken für Mensch und Natur zu reduzieren.

### **Zusammenfassung**

Aus der retrospektiven Betrachtung der Klimaereignisse der letzten fünf Jahrzehnte lassen sich Klimaveränderungen in Niedersachsen ableiten, die sich bei Vergleich zweier Betrachtungszeiträume (1961–1990; 1991–2007) in ca. 1 °C höheren Jahresdurchschnittstemperaturen und jahreszeitlichen Verschiebungen in den Niederschlagsereignissen (Frühsommertrockenheit, Verlagerung der Niederschläge in die Erntezeit) manifestieren. Die phänologischen Entwicklungsphasen der landwirtschaftlichen Nutzpflanzen waren im zweiten Betrachtungszeitraum kulturartenspezifisch unterschiedlich im Frühjahr bis zum Ährenschieben/Blüte fünf bis elf Tage kalendarisch vorverlegt. Bei Wintergetreidearten war die effektiv genutzte Vegetationszeit verkürzt und bei Winterraps, Zuckerrüben und Silomais verlängert. Die Kornbildungsphasen wurden bei Wintergetreide verkürzt und bei Winterraps verlängert. Die Korrelationen der phänologischen Merkmale zum Ertrag zeigen bei Wintergetreide eine positive Beeinflussung des Ertrages durch die Vorverlegung der phänologischen Eintrittstermine und die Beschleunigung der Entwicklungsphasen, während bei Winterraps durch eine verlangsamte Entwicklung nach der Blüte höhere Erträge erzielt wurden. Es werden mögliche Überlagerungseffekte durch den Einfluss der Züchtung und weitere multifaktorielle Beeinflussungen des Ertrags durch Klima, Witterung und Produktionstechnik diskutiert. Für den Energiepflanzenanbau in Niedersachsen werden die Möglichkeiten und Chancen der Anpassung an die veränderten klimatischen Bedingungen durch Kulturartenwahl, neue Anbaukonzepte und verbesserte Fruchtfolgen diskutiert. Die Bedeutung der Pflanzenzüchtung für die Bereitstellung von Energiepflanzen, die an den Klimawandel und die neuen Anbaukonzepte angepasst sind, wird hervorgehoben.

*Stichwörter:* Klimawandel, Energiepflanzenanbau, Phänologie, Ertragsentwicklung, Entwicklungsphasen, Weizen, Raps, Zuckerrüben, Silomais.

## Summary

### *Effects of climate change on phenology of agricultural crops in Lower Saxony – Opportunities for adaptation demonstrated through energy crop cultivation*

In comparing two climate periods of the last five decades (1961–1990; 1991–2007) climate changes in Southern Lower Saxony can be summarized as a 1 °C higher annual average temperature and a shift in the precipitation pattern (less precipitation in early summer, more precipitation in harvest periods). When looking at different plant species, it could be observed that the phenological development phases of agricultural crops were five to fifteen days earlier in spring. The vegetation period of winter cereals shortened and the vegetation period of winter rape, sugar beet and maize expanded. The cornel building period of winter cereals became shorter and that of winter rape increased. A correlation between phenological data and yield shows positive effects on yield through the acceleration of plant development in winter cereals. This result stands in contrast to winter rape, where an elongated development after flowering leads to higher yields. Interactions through the influence of plant breeding, further multi-factor climate effects and cultivation are discussed as possible influencing variables. Opportunities and chances of adaptation to climate change through selection of plant species, new cultivation concepts, and improved crop rotations are discussed. The importance of plant breeding for the supply of energy crops, adapted to climate change, and new cultivation concepts are underlined.

*Key words:* Climate change, energy crop cultivation, phenology, yield development, development phases, wheat, rape, sugar beet, maize.

## Résumé

### *Répercussions du changement climatique sur la phénologie des cultures agricoles en Basse-Saxe – Possibilités d'adaptation illustrées par l'exemple de la culture de plantes énergétiques*

L'observation rétrospective des événements climatiques des cinq dernières décennies permet de constater des changements climatiques en Basse-Saxe qui se manifestent, lors de la comparaison de deux périodes d'observation (1961-1990 ; 1991-2007), par une augmentation des températures annuelles moyennes d'environ 1 °C et des décalages saisonniers des précipitations (sécheresse au début de l'été, décalage des précipitations vers la saison des récoltes). En considérant différentes espèces de plantes, on a constaté que les phases phénologiques de développement des plantes utilitaires agricoles ont été avancées de cinq à onze jours du printemps à l'épiaison / floraison lors de la deuxième période d'observation. En ce qui concerne les céréales d'automne, la période de végétation utilisée de manière efficace a été raccourcie alors que pour le colza d'hiver, la betterave à sucre et le maïs ensilage, elle s'est rallongée. Les phases de montée en graine ont été raccourcies chez les céréales d'automne alors qu'elles se sont rallongées chez le colza d'hiver. Les corrélations entre les caractéristiques phénologiques et le rendement révèlent, chez les céréales d'automne, une influence positive sur le rendement à travers l'avancement des dates d'apparition des stades phénologiques et l'accélération des phases de développement. Au contraire, chez le colza d'hiver, c'est une croissance ralentie après la floraison qui a permis d'obtenir des rendements plus élevés. D'éventuelles interactions dues à l'influence de la sélection et d'autres influences multifactorielles du rendement par les conditions climatiques, météorologiques et les pratiques agricoles sont des questions soulevées. Au sujet de la culture des plantes énergétiques en Basse-Saxe, les possibilités et opportunités offertes par l'adaptation aux nouvelles conditions climatiques grâce à la sélection des espèces, aux nouveaux concepts de culture et aux meilleures rotations des cultures sont d'autres questions soulevées. L'importance de la sélection des plantes pour cultiver des plantes énergétiques adaptées au changement climatique et aux nouveaux concepts de culture est soulignée.

*Mots-clés:* changement climatique, culture des plantes énergétiques, phénologie, évolution du rendement, phases de développement, blé, colza, betterave à sucre, maïs ensilage.

## Literatur

1. AUFHAMMER, W., 1999: Mischanbau von Getreide- und anderen Körnerfruchtarten. Ulmer Fachbuch. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer, 310 S.
2. BECKER, H., 2010: Mündliche Mitteilungen.
3. BMU (Bundesministerium Für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit), 2009: Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland unter Berücksichtigung der europäischen und globalen Entwicklung. Leitszenario 2009. www.bmu.de.

4. BOKELOH, T.; ENGELS, T.; HABERLAND, R., 2007: Einfluss von Trockenstress auf Ertrag und Qualität von Zuckerrüben. Vortr. Pflanzenzüchtung 72, 39–45.
5. BUTTLAR VON, C.; KRÄLING, B.; RODE, A.; MUND, H.; ROSKAM, A., 2010: Energiepflanzenanbau, Betrieb von Biogasanlagen und Gärrestmanagement unter den Anforderungen des Gewässerschutzes. Niedersächsisches Modell- und Pilotvorhaben. Schriftenreihe Grundwasser Band 10. Hrsg. Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz NLWKN.
6. CHMIELEWSKI, F.-M., 2007: Phänologie – ein Indikator zur Beurteilung der Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Biosphäre. *promet* 33, 1/2, S. 28–35.
7. –; Köhn, W., 1999: Impact of weather on yield components of spring cereals over 30 years. *Agr. Forest Meteorol.* 96, S. 49–58.
8. CHRISTEN, O., 2007: Auswirkungen des Klimas auf die Pflanzenproduktion. Vortr. Pflanzenzüchtung, 72, S. 15–17.
9. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, 2006: Was kosten uns Klimawandel und Wetterextreme. [www.diw.de](http://www.diw.de). Zugriff: am 04.12.2010.
10. Deutscher Wetterdienst: Datenbereitstellung auf Anfrage 2009.
11. EITZINGER, J.; KERSEBAUM, K. C.; FORMAYER, H., 2009: Landwirtschaft und Klimawandel. Clenze, Verlag AgriMedia, 376 S.
12. FRANZARING, J.; HENNING-MÜLLER, I.; FUNK, R.; HERMANN, W.; WULFMAYER, V.; CLAUPEIN, W.; FANGMEIER, A., 2007: Effects of solar, climatic and atmospheric components on historical crop yields. *Gefahrst. Reinhalt. L.* 67 (6), S. 251–258.
13. GROSS, G., 2007: Klimaperspektiven für das 21. Jahrhundert. Vortr. Pflanzenzüchtung 72, S. 9–14.
14. IPCC, 2009: IPCC Expert Meeting on Detection and Attribution Related to Anthropogenic Climate Change. Meeting Report. [www.Ipcc-wg1.unibe.ch](http://www.Ipcc-wg1.unibe.ch).
15. KARPENSTEIN-MACHAN, M.; STUELPNAGEL, R., 2000: Biomass yield and nitrogen fixation of legumes monocropped and intercropped with rye and rotation effects on a subsequent maize crop. *Plant and soil* 28: 1/2, S. 215–232.
16. –, 2010: Energiepflanzenanbau für Biogasanlagen: Veränderung der Fruchtfolgen und der Bewirtschaftung von Ackerflächen in Niedersachsen. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 42 (10), 313–320.
17. –; 2010: Energiepflanzenbau. In H. RUPPERT, Das Bioenergie-dorf – Voraussetzungen und Folgen einer eigenständigen Wärme- und Stromversorgung durch Biomasse für Landwirtschaft, Ökologie und Lebenskultur im ländlichen Raum. Endbericht der Phase III des gleichnamigen Forschungsprojekts des Interdisziplinären Zentrums der Georg-August-Universität Göttingen (IZNE).
18. KAZMAN, E.; INNEMANN, A., 2009: Wie sieht die Weizensorte in 5–10 Jahren aus? Wie stellt sich die Pflanzenzüchtung auf kommende Veränderungen ein? 60. Tagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs, S. 5–10.
19. Klimafolgenmanagement in der Metropolregion Göttingen-Braunschweig-Hannover-Hildesheim: <http://www.klimafolgenmanagement.de>. Zugriff: 04.11.2010.
20. KUNERT, A.; SCHMOLKE, M., 2007: Züchterische Maßnahmen zur Anpassung der Weizenproduktion an den Klimawandel. Vortr. Pflanzenzüchtung 72, S. 79–85.
21. MENGEL, K., 1978: Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. 5. Auflage, Stuttgart, Gustav Fischer Verlag, 466 S.
22. ML (Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung), 2009: Stand und Perspektiven der Biogasnutzung in Niedersachsen [www.ml.niedersachsen.de/live/live.php?navigation\\_id=1343&article\\_id=5186&psmand=7](http://www.ml.niedersachsen.de/live/live.php?navigation_id=1343&article_id=5186&psmand=7).
23. OTTER, S., 1982: Zusammenhänge zwischen Umwelt und Phänologie und deren Einfluss auf die Ertragsbildung bei Winter- und Sommerweizen.
24. POMMER, G., 1981: Vier Engpässe schmälern den Ertrag. *Bayer. Landw. Wochenblatt* 6/81, S. 12–13.
25. SCHACHSCHNEIDER, R., 2009: Wie reagiert der Weizen auf die Klimaveränderung? Eigenschaften „praxistauglicher“ Sorten in der Zukunft. Norddeutsches Weizenforum. Schriftenreihe des Inst. f. Pflanzenbau- und Züchtung CAU Kiel 63, S. 17–22.
26. SEYFERT, F., 1956: Neue Brehm Bücherei Nr. 255.
27. –; RUNGE, H., 1964: Landwirtschaftliche Wetterkunde. Deutscher Landwirtschaftsverlag. 192 S.
28. Statistisches Landesamt Niedersachsen: Datenbereitstellung auf Anfrage 2009.
29. PINGEN, S.; FREIBAUER, A., 2010: Klimaschutz und Landwirtschaft – Mehr Klarheit zu den Zahlen. *Deutsche Bauern Korrespondenz* 5/19.
30. WEIGEL, H. J.; ERBS, M., 2007: Einfluss des CO<sub>2</sub>-Anstiegs auf Kulturpflanzen. Vortr. Pflanzenzüchtung 72, S. 19–28.

**Autorenschrift:** PD Dr. MARIANNE KARPENSTEIN-MACHAN und Dr. CHRISTINE VON BUTTLAR, Interdisziplinäres Zentrum für nachhaltige Entwicklung (IZNE) Goldschmidtstraße 1, 37077 Göttingen, Deutschland

[mkarpen@gwdg.de](mailto:mkarpen@gwdg.de)

# Übertragung von Phytoöstrogenen aus Leguminosen in die Milch

– Eine Betrachtung entlang der Wertschöpfungskette –

Von MARTIN GIERUS, MIRJAM KOCH, Kiel und HARTWIG SCHULZ, Berlin

## 1 Einleitung, Definition und Historisches

In den vergangenen drei Jahrzehnten kam es zu einem verstärkten Interesse für Phytoöstrogene, die sowohl eine östrogenähnliche Wirkung im tierischen als auch im menschlichen Organismus erzielen können. In diesem Zusammenhang gibt es Vermutungen bis hin zu konkreten Beobachtungen, dass eine Phytoöstrogenexposition adverse Effekte im menschlichen bzw. tierischen Organismus verursachen kann. Jüngst wird jedoch vermehrt die Ansicht vertreten, dass Phytoöstrogene vielmehr gesundheitsfördernde und krankheitspräventive Eigenschaften besitzen. Pflanzliche Produkte repräsentieren die primären Quellen für Phytoöstrogene in der menschlichen Ernährung, aber auch landwirtschaftliche Nutztiere kommen als Phytoöstrogenquellen grundsätzlich infrage, da sie Futtermittel auf pflanzlicher Basis wie beispielsweise Leguminosen erhalten. Phytoöstrogene unterliegen im menschlichen und tierischen Organismus verschiedenen Umwandlungsprozessen und können schließlich in Blut, Urin und Milch nachgewiesen werden. Daher sind sie bei entsprechend vorausgegangener Fütterung auch in Produkten tierischen Ursprungs enthalten, die dann dem Menschen als Nahrungsquelle dienen.

Problematisch ist allerdings die Wirkung sekundärer Pflanzeninhaltsstoffe im tierischen Organismus. Einige natürlich vorkommende sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe besitzen strukturelle Gemeinsamkeiten zu endogenen Östrogenen, wodurch sie ähnliche Wirkungen wie die endogenen Hormone erzielen können (16). Allerdings besteht die Kenntnis über fruchtbarkeitsbeeinflussende Wirkungen von Pflanzen schon seit vielen Jahrhunderten. Bereits vor 2000 Jahren hat man im Orient dem Granatapfel eine fruchtbarkeits-symbolisierende Bedeutung zugesprochen (69). Mönche im Mittelalter wussten sich mit libidosenkenden Gewürzen und Heilpflanzen zu versorgen. Erstmals wissenschaftlich untersucht und bestätigt wurde das Vorkommen Östrogen-aktiver Substanzen in Pflanzen 1927 (53). Größere öffentliche Aufmerksamkeit erlangten Phytoöstrogene in den 1940er-Jahren durch den in Australien eingeführten Bodenfrüchtigen Klee (*Trifolium subterraneum* L.), nachdem darauf weidende Schafe an einer schweren Fruchtbarkeitsstörung, auch als „clover disease“ bekannt, erkrankten (71). Die Ursache der Krankheit wurde auf Östrogen-aktive Isoflavone des Bodenfrüchtigen Klees zurückgeführt (24).

Aufgrund von Berichten adverser Effekte durch Phytoöstrogene bei Tieren („clover disease“), kam die Befürchtung auf, dass ähnliche adverse Effekte auch beim Menschen zu erwarten sind, besonders bei einer Phytoöstrogenexposition in frühen, noch nicht voll ausgebildeten Entwicklungsstadien des Menschen, wenn Säuglinge aufgrund einer Kuhmilchallergie beispielsweise mit Säuglingsnahrung auf Sojabasis ernährt werden (86). Zum anderen wurde das intensive Forschungsinteresse an Phytoöstrogenen durch die aufkommende Hypothese geweckt, dass Krankheiten und Beschwerden, vordergründig verschiedene Krebsarten und Wechseljahrsbeschwerden der Frau, in asiatischen Ländern weniger aufzutreten scheinen als in westlichen Ländern. Dies wurde mit der unterschied-



lichen Ernährungsweise in Zusammenhang gebracht, die in asiatischen Ländern deutlich höhere Phytoöstrogenquellen in sich birgt als in westlichen Ländern (63; 108).

Die vorliegende Arbeit gibt zunächst einen Überblick zum bisherigen Wissensstand über Phytoöstrogene. Weiter soll die Frage beantwortet werden, ob, wie, in welchen Mengen und in Zusammenhang mit welchen Faktoren, Phytoöstrogene in Milch von Leguminosen gefütterter Kühe zu finden sind. Letztendlich wird bewertet, ob Milch (und eventuell auch Milchprodukte) eine bedeutsame Phytoöstrogenquelle für den Menschen darstellt, von der ausgehend Effekte für die Gesundheit des Milch- (und Milchprodukt-) Konsumenten Mensch zu erwarten sind.

## 2 Entstehungsweg und Bedeutung für die Pflanze

Phytoöstrogene stammen aus dem Sekundärstoffwechsel der Pflanze. Rein chemisch betrachtet sind Phytoöstrogene Polyphenole (42). Kennzeichnend für alle Phenole ist ein aromatisches Ringsystem, substituiert mit einer unterschiedlichen Anzahl an Hydroxygruppen. Der wichtigste Weg zur Synthese solcher Aromate ist der Shikimisäure-Stoffwechselweg, der in höheren Pflanzen in den Chloroplasten lokalisiert ist. Über verschiedene Zwischenprodukte entstehen im Shikimisäure-Stoffwechsel aus Shikimisäure die drei aromatischen Aminosäuren Phenylalanin, Tyrosin und Tryptophan. Aus Phenylalanin und Tyrosin kann nun wiederum durch Desaminierung Zimtsäure entstehen. Zimtsäure ist die Vorstufe aller sogenannter Phenylpropanoide, zu denen die Mehrheit aller Phytoöstrogene zählen (21; 36; 109).

Eine genaue Kenntnis über die biologische Bedeutung von Phytoöstrogenen in der Pflanze scheint bis heute weitgehend ungeklärt (102). Daten hierzu finden sich vor allem für Isoflavone. Isoflavone sind am pflanzlichen Abwehrsystem, der Signalinduktion und der Zell-Zell-Kommunikation beteiligt (74). So sind sie u. a. an der Auslösung der Symbiose zwischen Leguminosenspezies und Knöllchenbakterien beteiligt, die zur Fixierung des Luftstickstoffes und den von der Pflanze verwertbaren Ammoniumverbindungen führt (45; 72). Die symbiotische Beziehung zwischen Wirtspflanze und den Stickstoff fixierenden Bakterien erfordert für deren Entstehung und Aufrechterhaltung ein fein austariertes System, das einen komplexen Austausch von chemischen Signalen, wie die Signalsubstanzabgabe in Form von Isoflavonen, beider Partner beinhaltet (51).

Daneben sollen Isoflavone als induzierbare Abwehrtoxine, sogenannte Phytoalexine, in der Pflanze agieren. Diese werden zum einen von der Pflanze als Abwehrreaktion gegen Krankheit erregende Mikroorganismen wie Viren, Pilze und Bakterien, aber auch auf Stress auslösende Umweltfaktoren hin wie UV-Licht oder mechanische Schäden gebildet (89).

Des Weiteren gibt es konkrete Annahmen, dass Phytoöstrogene nicht rein zufällig östrogene Wirkungen erzielen können, sondern dass sie von der Pflanze gezielt produziert werden, um sich vor Herbivoren zu schützen, indem sie deren Fortpflanzungsfähigkeit beeinflussen und so als Bestandteil eines selbst regulierenden Systems deren Populationszuwachs begrenzen (39).

## 3 Einteilung, Vorkommen und Chemie

Ihre Strukturähnlichkeit zu endogenen Steroidhormonen erhalten Phytoöstrogene zum einen durch die Anwesenheit mindestens einer Phenolgruppe, die unabdingbar für die Bindung an die Östrogenrezeptoren ER- $\alpha$  und ER- $\beta$  ist. Des Weiteren weisen sie in ihrer Struktur einen bestimmten, dem Östrogen ähnlichen Abstand zweier Hydroxylgruppen auf

und besitzen außerdem ein sehr niedriges Molekulargewicht (MW), das ebenfalls dem von Östradiol (MW = 272) sehr nahe kommt (109).

Die Gruppe der Phytoöstrogene lässt sich in zwei Untergruppen einteilen: die Flavonoide und die Nicht-Flavonoide. Die Flavonoide wiederum beinhalten die drei folgenden Strukturklassen: Isoflavone, Coumestane und Prenylflavonoide, während zu den Nicht-Flavonoiden z. B. die Lignane gehören (35).

### 3.1 Isoflavone

Isoflavone kommen überwiegend in der Ordnung der Hülsenfrüchtler (*Fabales*) und hier vor allem bei den Schmetterlingsblütlern (*Papilionoideae*) vor, wie z. B. in Rotklee (*Trifolium pratense* L.) und in Sojabohnen (*Glycine max* L. Merrill) (102). Die wichtigsten Isoflavone, die in Pflanzen vorkommen, sind Genistein, Daidzein, Glycitein, Biochanin A und Formononetin. Biochanin A und Formononetin sind Derivate von Genistein und Daidzein mit einer zusätzlichen Methylgruppe (35). Daneben sind weitere Isoflavone wie Prunetin, Irilion und Pratensein bekannt (32), die jedoch kaum in wissenschaftlichen Studien zu Phytoöstrogenen behandelt werden.

In der Pflanze liegen Isoflavone in aller Regel als Glukoside vor. In dieser Form sind sie biologisch inaktiv. Erst durch Darmbakterien und Enzyme des menschlichen oder tierischen Organismus werden sie hydrolytisch in ihre aktive Aglykonform umgewandelt (6). Zusätzlich sind die in der Pflanze vorliegenden Glukoside häufig an ihrer Glukosegruppe mit einer Acetyl- oder einer Malonylgruppe verestert und bilden sogenannte Acetyl- oder Malonylglukoside (14; 35). Als weitere chemische Eigenschaften der Isoflavone sind ihr niedriges Molekulargewicht sowie ihre hydrophoben Eigenschaften zu nennen. Durch Konjugation mit Glukose-, Sulfat- oder Glukuronidgruppen wird ihre Wasserlöslichkeit erhöht. Die Dekonjugation von Glukosiden zu Aglykonen findet unter sauren Bedingungen statt, während Acetyl- und Malonylgruppen sowohl unter sauren als auch unter basischen Bedingungen dekonjugiert (Abgabe der Acetyl- oder Malonylgruppe) werden können. Außerdem können aus Malonylglukosiden durch Decarboxylierung Acetylglukoside entstehen. All diese Prozesse werden durch Enzyme oder Mikroorganismen im menschlichen oder tierischen Organismus bewerkstelligt (35; 109).

### 3.2 Coumestane

Im Vergleich zu den Isoflavonen sind Coumestane bisher wenig erforscht. Auch sie sind besonders in Pflanzenarten der Familie der Hülsenfrüchtler wie Luzerne (*Medicago sativa* L.), Weißklee (*Trifolium repens* L.) und Sojabohne (*Glycine max* L. Merrill) vertreten (2). Vom strukturellen Aufbau her und auch in ihren chemischen Eigenschaften ähneln sie den Isoflavonen (40). Ihr wichtigster Vertreter ist Coumestrol. Diese Verbindung besitzt von allen bisher bekannten Phytoöstrogenen die höchste östrogene Aktivität (66).

### 3.3 Lignane

Reiche Quellen für Lignane sind, anders als bei den flavonoiden Phytoöstrogenen, neben Leguminosen auch Ölsaaten sowie Getreide wie Roggen und Gerste. Leinsamen (*Linum usitatissimum* L.) ist die bisher bekannteste und reichste Quelle für Lignane (108). Für die spezifische Form, in welcher Lignane in der Pflanze vorliegen, sind keine Östrogen-aktiven Wirkungen nachzuweisen. Erst durch Metabolisierungsprozesse in Mensch oder Tier entstehen aus den Östrogen-inaktiven Vertretern die Östrogen-aktiven und dem menschlichen Östradiol ähnelnden Verbindungen. Bekannte Östrogen-inaktive Vertreter der Lig-

nane sind Secoisolariciresinol und Matairesinol. Deren Östrogen-aktiven Metabolite sind die Diphenol-Verbindungen Enterodiol und Enterolacton (30; 33).

### 3.4 Prenylflavonoide

Die Strukturklasse der Prenylflavonoide hat vor allem an Bedeutung gewonnen, nachdem die Östrogen-aktiven Substanzen in Hopfen (*Humulus lupulus*, L.), der einen unverzichtbaren Bestandteil für die Bierherstellung darstellt, identifiziert werden konnten. Bezogen auf den Standort Mitteleuropa gehört Hopfen zu den Kulturpflanzen mit den höchsten enthaltenen Phytoöstrogengehalten. Wichtige Prenylflavonoidvertreter sind 8-Prenylnaringenin, 6-Prenylnaringenin, Isoxanthohumol und Xanthohumol (30). Der strukturelle Aufbau der Prenylflavonoide ähnelt ebenfalls dem der Isoflavone. Sie unterscheiden sich von diesen durch eine anders ausgerichtete Orientierung des Phenolringes sowie durch einen weiteren Substituenten, einer Prenylgruppe. Die zusätzliche Anwesenheit der Prenylgruppe verleiht ihnen eine erhöhte Wasserlöslichkeit im Vergleich zu den Isoflavonen (35).

## 4 Östrogene Aktivität

Alle Ansätze zur Bestimmung der östrogenen Aktivität basieren auf einer quantitativen Erfassung der Interaktion von Wirksubstanzen mit bestimmten Zielstrukturen (90). Dazu werden *in vivo* sowie *in vitro* Testverfahren eingesetzt. Bei den *in vivo* Testverfahren sind untersuchte Zielstrukturen die Vagina, der Uterus, die Ovarien und das Ovidukt weiblicher Wirbeltiere (48). *In vitro* Tests dagegen nutzen Zellen, Zellstämme oder Mikroorganismen zur Bestimmung der östrogenen Wirkung (37). *In vitro* Tests sind kostengünstig und auch aus ethischer Perspektive als vorteilhaft zu betrachten (90). Bei ihnen bleiben aber kinetische Faktoren wie Metabolismus und Bioakkumulation der untersuchten Substanzen unbeachtet, wodurch es schwierig wird, die gelieferten Ergebnisse auf *in vivo* Verhältnisse zu übertragen. *In vivo* Studien werden daher in aller Regel als aussagekräftiger betrachtet, da sie z. B. auch Informationen darüber liefern, ob aus der betreffenden Substanz möglicherweise eine hormonell inaktivere oder auch stärker wirksame Verbindung entstehen kann (31; 102).

Dennoch ist ein Darstellungsmittel östrogenen Aktivität und der Wirkungsstärke die sogenannte relative Bindungsaffinität (RBA), die über *in vitro* Testverfahren bestimmt wird. Hierbei wird die Affinität der Östrogen-aktiven Substanzen ermittelt, an einen Östrogenrezeptor zu binden. Die Bindungsaffinität von Östradiol wird dabei willkürlich auf 100 festgelegt, mit dem die jeweiligen Substanzen in einen quantitativen Vergleich gesetzt werden. Im COT-Report „Phytoestrogens and health“ von 2003 des Scientific Committee on Food (SCF) sind aus 18 Quellen Ergebnisse zur relativen Bindungsaffinität wichtiger Phytoöstrogene zusammengetragen worden (35). Es wurde dabei die folgende Reihenfolge aufgestellt: Östradiol  $\geq$  Coumestrol  $>$  8-Prenylnaringenin  $>$  Genistein und Equol  $>$  Daidzein  $>$  Glycitein  $>$  Biochanin A, Formononetin, 6-Prenylnaringenin, Xanthohumol und Isoxanthohumol. ADZERSEN und STROWITZKI (6) haben ebenfalls die Ergebnisse aus elf Quellen zu Untersuchungen der RBA zusammengetragen. Sie stellen die gleiche Reihenfolge auf, wie sie durch die Arbeitsgruppe des SCF zusammen gestellt worden ist. Außerdem führen die Autoren die Verbindungen Enterolacton, Enterodiol, Secoisolariciresinol und Matairesinol mit auf, die in dieser Reihenfolge noch hinter Isoxanthohumol folgen (6; 35).

Zu kritisieren ist an der Methode zur Bestimmung der RBA, dass unberücksichtigt bleibt, ob die untersuchten Phytoöstrogene östrogen als antiöstrogen wirken. Somit bleibt

ungeklärt, welche biologische Wirkung durch die Rezeptorinteraktion jeweils erzeugt wird. Dennoch wird die genannte Methode in der vorliegenden Arbeit mit aufgeführt, da sie im Falle einer östrogenen Wirkung eine anschauliche Vergleichsbasis zu Östradiol schafft.

## 5 Phytoöstrogenhaltige Leguminosen in der Milchviehfütterung

In den letzten Jahren kam es auf konventionell wirtschaftenden Milchviehbetrieben Deutschlands zu einem stetigen Anstieg der Milchleistung pro Kuh (91). Dies ist unter anderem auf eine zunehmende Optimierung der Fütterung zurückzuführen, was besonders auch den Einsatz qualitativ hochwertiger eiweißreicher Futtermittel einschließt. Im Jahr 1998 wurde im Zuge der BSE-Krise von der Europäischen Union ein Verbot der Tiermehlverfütterung ausgesprochen. Dies kann u. a. als Ursache gesehen werden, dass sich der Einsatz von Sojaextraktionsschrot stark etablieren konnte. Ideale Eiweißquellen im Grundfutter bilden allerdings Futterleguminosen wie Rotklee, Weißklee und Luzerne. Aufgrund steigender Preise anderer Proteinlieferanten ist die Verfütterung von Futterleguminosen auch für konventionell produzierende landwirtschaftliche Betriebe durchaus erwägenswert.

### 5.1 Phytoöstrogengehalte von Sojabohne (*Glycine max L. Merrill*) sowie darauf Einfluss nehmende Faktoren

Grundsätzlich geht man davon aus, dass die drei in der Sojabohne vorkommenden Hauptisoflavone im Verhältnis 10 : 8 : 1 (Genistein, Daidzein, Glycitein) vorliegen (105), die auch mit anderen Studien übereinstimmen (57; 101). In anderen Studien (8; 38) wird jedoch ein höherer Anteil von Daidzein gegenüber Genistein demonstriert. Eine einzige Studie lieferte auch Angaben über Coumestrol- und Lignangehalte (57). Gesamt-Phytoöstrogen- (bzw. Isoflavon-) Gehalte belaufen sich auf 0,71–12,61 g/kg Trockenmasse (TM) (8; 38; 101) und 0,59–1,41 g/kg TM (57). Das Trocknen oder Rösten von Sojabohnensamen führt zu keinen bedeutsamen Veränderungen der vorliegenden Phytoöstrogengehalte (34). Geröstete Sojabohnensamen zeigen jedoch ein höheres Vorliegen von Acetylglukosiden gegenüber Malonylglukosiden, infolge der Hitzebehandlung (11; 100). Sojamehl zeigt ebenfalls ein ähnliches Phytoöstrogenprofil wie unbehandelte Sojabohnensamen (11). Dies dürfte insofern von Bedeutung sein, da Sojamehl, wie Sojaextraktionsschrot (das überwiegend in der Tierfütterung Einsatz findet), aus den anfallenden Resten der Sojaölverarbeitung hergestellt wird und damit einen ähnlichen Produktionsweg aufweist. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass auch Sojaextraktionsschrot ein ähnliches Phytoöstrogenprofil wie unbehandelte Sojabohnensamen aufweisen müsste. Es liegen bisher jedoch keine konkreten Untersuchungen zu Phytoöstrogengehalten von Sojaextraktionsschrot als Futtermittel vor, die diese Annahme belegen könnten.

Die Phytoöstrogengehalte der Sojabohne scheinen von verschiedenen Faktoren beeinflusst zu werden. Studien, die diese Interaktionen genauer untersuchten, beziehen sich dabei im Regelfall auf die Isoflavongehalte der Pflanze. Hierbei werden vor allem Umwelteinflüsse während der Entwicklungs- und Wachstumsphase der Sojabohne wie Temperatur, Wasserangebot und CO<sub>2</sub>-Partialdruck angeführt. Ansteigende Temperaturen – künstlich herbei geführt mithilfe kontrollierter Klimakammern (27) oder durch klimatische Unterschiede im Laufe der Vegetationszeit oder auch im Wechsel der Jahre (61) – führten zu deutlichen Veränderungen der Gesamt-Isoflavongehalte (TIF). Nach Induktion eines Temperaturanstiegs von 18 auf 23 °C konnte festgestellt werden, dass die TIF-

Gehalte um 65 % fielen (27). Bei einem weiteren Temperaturanstieg von 23 auf 28 °C kam es sogar zu einer 90%igen Abnahme der TIF-Gehalte. Untersuchte Temperaturveränderungen in die andere Richtung führten erwartungsgemäß zu erhöhten Isoflavonwerten (61). Außerdem wurde die Wirkung von veränderten CO<sub>2</sub>-Partialdrücken und verändertem Wasserangebot (simulierte mögliche Bedingungen eines Klimawechsels) auf die TIF-Gehalte bestimmt (27). Dabei wurde gefunden, dass CO<sub>2</sub>-Partialdrücke von 700 ppm (gegenüber sonst 400 ppm) bei gleichzeitigem Wasserstress den Effekt höherer Temperaturen auf die TIF-Gehalte umkehrbar machen können. Andere Studien untersuchten genauer den Einfluss des Wasserangebotes. In einer zweijährigen Studie zeigten sich die niedrigsten TIF-Gehalte im trockeneren der beiden Versuchsjahre (80). Bei Beregnung des Pflanzenbestandes während der Entwicklungszeit wurde von einer Zunahme des TIF-Gehaltes berichtet (17).

Als weitere Einfluss nehmende Faktoren konnten der Saatzeitpunkt, der Anbaustandort sowie Sortenunterschiede identifiziert werden. Eine Verzögerung der Saatzeit führte zu höheren TIF-Gehalten. Eine Erhöhung der TIF-Gehalte um 38 % bei einer Saat Mitte Juni gegenüber einer Saat im frühen Mai wurde bestimmt (8), die eine andere Studie bestätigt (96). Anbauversuche von Sojabohnen an unterschiedlichen Orten, mit unterschiedlichen Sorten stellten klare Unterschiede zwischen den jeweils bestimmten TIF-Gehalten heraus, die auf Genotyp x Umweltinteraktionen zurückgeführt werden (38). Aufgrund der durchgeführten Versuche wurde vermutet, dass frühreife Sorten leichter durch Temperatur-Niederschlagsunterschiede beeinflusst werden können als späte Sorten (26). Grundsätzlich gibt es Sorten, die höhere oder niedrigere Isoflavongehalte aufweisen können (101). Schließlich sind noch Unterschiede der Isoflavongehalte in verschiedenen Teilen der Pflanze zu nennen. Dabei wiesen Sojabohnensamen die höchsten TIF-Gehalte auf (73). Auch Blätter, Stängel und Schoten enthalten Isoflavone, wobei die höchsten Gehalte in den Blättern zu finden sind.

## **5.2 Phytoöstrogengehalte von Rotklee (*Trifolium pratense* L.), Weißklee (*Trifolium repens* L.) und Luzerne (*Medicago sativa* L.) sowie darauf Einfluss nehmende Faktoren**

Die Phytoöstrogengehalte für Rotklee stammen aus zwei Studien (57; 77), wobei es sich bei der ersten Studie (57) um die einzige Studie handelt, die auch Werte für Coumestane in Rotklee angibt. Lignangehalte wurden in keiner der genannten Studien ermittelt. Betreffend der drei Studien, auf denen die angegebenen Gehalte für Weißklee beruhen (75; 97; 107), ist anzumerken, dass die Werte von VETTER (97) sowie WU (107) die Summen aus untersuchten Phytoöstrogengehalten in Blättern, Stengeln und Blüten (97) bzw. Blättern, Stengeln, Blüten und Wurzeln darstellen. Die Studie von SALONIEMI (75) liefert für Weißklee die einzigen Angaben zu Coumestanen. Es fällt auf, dass diese in deutlich höheren Mengen gegenüber Rotklee vorliegen können, während Rotklee die eindeutig höheren Isoflavongehalte aufweist. Lignangehalte von Weißklee wurden ebenfalls nicht ermittelt. Jedoch gibt es andere Studien, die Rot- und Weißklee-basierte Futtermittel nach ihren Phytoöstrogengehalten untersuchten und Gehaltsangaben zu Lignanen geben. Die Werte für Luzerne beruhen auf zwei entsprechenden Arbeiten (57; 75). In Luzerne wurden im Vergleich zu Rotklee und Weißklee die höchsten Werte für unterschiedliche Coumestane gefunden (75). Die Isoflavonwerte liegen in Luzerne ebenfalls deutlich unter denen des Rotklee. Luzerne ist die einzige der genannten Futterleguminosen, für die in den hier verwendeten Arbeiten Lignangehalte angegeben werden (57).

Während Rotklee und auch Sojabohne vorwiegend Isoflavonlieferanten darstellen, können Weißklee und Luzerne bedeutsamere Quellen für Coumestane und Lignane sein. Vergleicht man die aufgeführten Werte für Phytoöstrogengehalte mit denen von der Soja-

bohne, kann festgestellt werden, dass Rotklee ein ähnliches Phytoöstrogenprofil wie unbehandelte Sojabohnensamen aufweist, vor allem in Bezug auf die vorliegenden Isoflavongehalte. Beide zeigen außerdem ähnliche Gesamt-Phytoöstrogengehalte: Sojabohnensamen (unbehandelt): 0,071–1,261 % in der TM (8; 38; 101) gegenüber Rotklee: 0,059–1,178 % in TM (57; 77). Ebenso wie für die Sojabohne sind auch für die Futterleguminosen Rotklee, Weißklee und Luzerne Faktoren bekannt, die Einfluss auf deren Phytoöstrogengehalte nehmen. Gegenüber den anderen Futterleguminosen sind dabei mehr Informationen für Rotklee in der Literatur vorhanden. Das kann damit erklärt werden, dass Weißklee und Luzerne im Vergleich zu Rotklee nur geringe Isoflavongehalte aufweisen, Isoflavone aber unter den Phytoöstrogenen im Forschungsmittelpunkt stehen. Rotklee zeigt insbesondere höhere Gehalte des Isoflavons Formononetin auf, das bei Nutztieren nach Umwandlung zu Equol für Fruchtbarkeitsstörungen verantwortlich gemacht wird (79), was ebenfalls zu einem erhöhten Forschungsinteresse geführt hat. Weißklee und Luzerne enthalten dagegen das Coumestan Coumestrol, das bereits in sehr kleinen Mengen (25 ppm) adverse Effekte bei Schafen ausgelöst haben soll (88).

Zu nennende Einflussfaktoren auf die Phytoöstrogengehalte der Pflanzen sind Temperatur, Nährstoffangebot, Wachstumsstadium, Welkegrad, Konservierungsmethode sowie Pilzbefall und Sortenunterschiede. Auch hier liegen Unterschiede in den Phytoöstrogengehalten innerhalb der verschiedenen Pflanzenteile vor. Analog zur Sojabohne besteht die Annahme, dass kühle Temperaturen während der Wachstumsphase zu einem Anstieg der Phytoöstrogengehalte in der Pflanze führen (58). Bezüglich des Nährstoffangebots zeigte Rotklee auf phosphorarmem Boden höhere Formononetingehalte als auf Phosphor gedüngtem Boden (58). Des Weiteren wird vermutet, dass es durch eine Stickstoffdüngung ähnlich wie für Rohprotein zu einer Abnahme der Phytoöstrogengehalte kommt (44). Bei Rotklee wird ein Einfluss des Wachstumsstadiums (76) herausgestellt: hohe Isoflavongehalte im Frühjahr, eine deutliche Abnahme während der Sommermonate und danach ein erneuter Anstieg. Für Weißklee konnte ein erhöhter Coumestrolgehalt im Herbst festgestellt werden. Die Autoren vermuten, dass dieser Anstieg mit den kühleren Temperaturen im Herbst zusammenhängt. Für Luzerne stellten sie dagegen keine saisonalen Unterschiede oder Zusammenhänge fest. Auch andere Autoren (77; 79) untersuchten Rotkleearten auf ihre Formononetingehalte und fanden ebenfalls die höchsten Gehalte im Frühjahr. Bis zur Blüte sind die Isoflavongehalte der Pflanze weiterhin verhältnismäßig hoch, danach kommt es zu einer Abnahme der Gehalte (58; 87). Außerdem wurde bei Rotklee der Einfluss des Anwelkgrades, der Effekt einer Silierung sowie Unterschiede bei Verwendung unterschiedlicher Siliermittel untersucht (77). Mit einem zunehmenden Welkegrad von 25 auf 40 % TM kam es zu einem Rückgang der Isoflavone Genistein und Biochanin A. Eine Silierung des Rotklees führte zu einer 18%igen Zunahme des Phytoöstrogengehaltes im Vergleich zu unbehandeltem Rotklee. Außerdem zeigten sich bei Verwendung von *Lactobacillus plantarum* gegenüber Milchsäure als Siliermittel höhere Gehalte der Isoflavone Genistein und Biochanin A. Auch die Ergebnisse von KALLELA (43) zum Einfluss einer Silierung auf die Phytoöstrogengehalte des Rotklees stimmen mit den vorgestellten Ergebnisse (77) überein. In frischen Pflanzenproben wurde dagegen um 22 % höhere Isoflavongehalte als in Silage und Heu ermittelt (87). Heu wies dabei die niedrigsten Isoflavongehalte auf. Die Autoren sehen ihre abweichenden Ergebnisse gegenüber SARELLI (77) bezüglich einer Silierung im Silierprozess selbst begründet. Eine erfolgreiche Silierung hängt von vielen Faktoren ab und kann dementsprechend leicht zu Variationen führen, was sich wiederum unterschiedlich stark auf die Phytoöstrogengehalte auswirken könnte.

Der Anstieg der Coumestrolgehalte in Weißklee und Luzerne wird als Folge eines Insekten- oder Pilzbefalles der Pflanze interpretiert. Die Gehalte sollten daher durch das

vorliegende Resistenzvermögen der Pflanze sowie durch die Stärke des Befalls bestimmt werden können (88; 99; 106), was eine weitere Bedeutung von Phytoöstrogenen erklärt.

Phytoöstrogene wurden in Blättern, Stängeln und Blüten gefunden, wobei die niedrigsten Gehalte für verschiedene *Trifolium*-Arten in den Stängeln gefunden wurden (97). Nach Blühbeginn nimmt der Isoflavongehalt in den Blüten stark ab (87), sodass sogar niedrigere Werte als in den Stängeln der Pflanze resultieren. In den Blättern wurden dagegen generell die höchsten Phytoöstrogengehalte festgestellt (87; 97).

In den letzten Jahren konnte beobachtet werden, dass zunehmend neue Rotkleeorten mit veränderten Phytoöstrogengehalten, wie z. B. einem niedrigen Formononetingehalt (22; 98) auf den Markt kamen. Im Jahr 1996 kam in der Schweiz erstmals eine auf niedrige Formononetingehalte gezüchtete Rotkleeorte (cv. ‚Formica‘) auf den Markt. Züchtungshintergrund war hier die Vermeidung von möglichen Fruchtbarkeitsstörungen insbesondere bei Schafen infolge einer Kleefütterung. Die Sorte ‚Formica‘ soll neben niedrigen Formononetingehalten auch in Ertrag und Qualität anderen Rotkleeorten nicht nachstehen (22).

## 6 Phytoöstrogenexposition des Milchrindes und Auswirkungen

### 6.1 Phytoöstrogenabsorption, -metabolismus und -exkretion

Aufgrund des besonderen Vormagensystems beim Wiederkäuer kommt es zu einer anderen Metabolisierung der Phytoöstrogene als beim Monogastrier bzw. Menschen. Vorrangiger Ort der Spaltungsprozesse der in der Pflanze als Glukoside vorliegenden Substanzen in ihre Aglykonform sowie weiterer Umwandlungsprozesse dieser ist der Pansen (65). Biochanin A wird durch Demethylierung zu Genistein und weiter durch Ringspaltung zu para-Ethylphenol und organische Säuren metabolisiert. Formononetin wird überwiegend zu Daidzein demethyliert. Aus Daidzein (bereits vorliegendes Daidzein und demethyliertes Formononetin) wird durch Hydrogenierung und Ringspaltung Equol gebildet. Anders als beim Menschen handelt es sich beim Wiederkäuer grundsätzlich um Equolbildner (54). Bei den aus Biochanin A und Genistein gebildeten Metaboliten handelt es sich um Östrogen-inaktive Substanzen. Der Metabolismus von Formononetin jedoch führt zu dem stärker östrogenwirksamen Metabolit Equol, der insbesondere für Fruchtbarkeitsstörungen bei Schafen verantwortlich gemacht wird (59). Die Umwandlungsprozesse durch Mikroorganismen im Pansen kann nach Aufnahme sechs bis zehn Tage dauern (2). Nur ein sehr kleiner Teil hydrolysiertes Phytoöstrogene (Aglykonform) wird direkt aus dem Pansen in den Blutkreislauf aufgenommen. Der Großteil unterliegt wie auch beim Menschen zunächst weiterer Konjugation, überwiegend mit Glukuronsäure. Dies findet allerdings, anders als beim Menschen, bereits im gastrointestinalen Epithelium statt und nur ein sehr kleiner Teil wird in der Leber konjugiert. Diese Tatsache lässt darauf schließen, dass bei Wiederkäuern die Leber eine geringere Rolle als Organ für Detoxifikationsprozesse spielt (54).

Wenig Wissen ist über den Metabolismus von Coumestanen bekannt. Coumestrol konnte ebenfalls als Konjugat mit Sulfat oder Glukuronsäure im Blut identifiziert werden (1; 2). Der Metabolismus von Lignanen im Organismus des Wiederkäuers ist (nach unserem besten Wissen) noch nicht näher untersucht worden. Der Großteil der Aglykone und ihrer Metabolite sowie deren Konjugate werden über den Urin ausgeschieden (15) und können aber auch, wie beim Menschen, in verschiedenen Sekreten nachgewiesen werden wie beispielsweise in der Milch (3). Bisher scheint unklar zu sein, ob ähnliche menschl-

che Einflussfaktoren wie Alter und Ernährung auch beim Wiederkäuer eine relevante Rolle für die Prozesse der Phytoöstrogenabsorption, -metabolisierung und -exkretion spielen.

## 6.2 Auswirkungen durch Phytoöstrogenexposition für das Rind

Phytoöstrogene sind neben den möglichen Auswirkungen, die sie beim Menschen erzielen können, aufgrund ihrer vordergründig adversen Effekte auf das Reproduktionsgeschehen von landwirtschaftlichen Nutztieren von Interesse. Erstmals wurde die unerwünschte Wirkung von Phytoöstrogenen auf das Reproduktionsgeschehen von Schafen in den 1940er-Jahren in Australien beschrieben. Bei den auf Bodenfrüchtigem Klee (*Trifolium subterraneum* L.) grasenden Tieren zeigten sich schwere Fruchtbarkeitsstörungen in Form von Infertilität, Uterusvorfällen, erschwerten Geburten, Hypertrophie der Brustwarzen und einigen weiteren schwerwiegenden Symptomen (62). Seit 1954 weiß man, dass die Ursache der Krankheit auf östrogenwirksame Isoflavone des Bodenfrüchtigen Klees zurückzuführen sind (23). Die Krankheit ist namentlich als „Kleekrankheit“ („clover disease“) geläufig, wie bereits erwähnt. Es folgten weitere Veröffentlichungen zu ähnlichen Vorfällen bei Rindern und Schafen, die phytoöstrogenhaltige Leguminosen zu fressen bekamen, darunter isoflavonreiche Rotklee- und Coumestane liefernde Luzernesilage (2).

In der Schwere, wie Fruchtbarkeitsstörungen infolge der Kleekrankheit bei Schafen beschrieben wurden, scheinen sie bei Rindern nicht aufzutreten. Bei Schafen unterscheidet man zwischen der temporären und der permanenten Infertilität (2). Die temporäre Infertilität zeigt sich u. a. in einer reduzierten Eisprungrate und Empfängnis (52) sowie Schwellung und Rötung der Vulva und Brustdrüsen. Die Symptome verschwinden nach vier bis sechs Wochen, sofern die Tiere nun Phytoöstrogen-freies Futter angeboten bekommen (2). Anhaltende Exposition von phytoöstrogenhaltigem Futter kann jedoch eine permanente Infertilität bei Schafen auslösen. Dabei kann es zu einer nichtreversiblen Redifferenzierung östrogenen Zielorgane bis hin zu einer Art vermännlichenden Entwicklung kommen, da die Schafe ihre kompletten sexuell-weiblichen Charakteristiken verlieren (2). Die erläuterten Fruchtbarkeitsstörungen bei Rindern können als temporäre Infertilität beschrieben werden. Es gibt keine Berichte über permanente Infertilität bei Rindern (1). Beschriebene Symptome temporärer Infertilität bei Rindern sind Zystenbildung nach Absterben der Eier, unregelmäßige Zyklen, Schwellung der Vulva und abnormes Verhalten der Tiere wie Nymphomanie oder Anöstrie (1; 2). Nach Entzug des phytoöstrogenhaltigen Futters kommt es wie bei Schafen wieder zu einer Abnahme und schließlich dem Verschwinden der Symptome. Dies kann jedoch bis zu mehrere Monate dauern, da sich gebildete ovariale Zysten nur langsam zurückbilden (1). Warum es zu unterschiedlich starken Effekten durch Phytoöstrogene auf das Reproduktionssystem von Schafen und Rindern kommt, ist bisher noch nicht eindeutig geklärt. Die unterschiedliche Schwere von reproduktionsmindernden Auswirkungen ist verwunderlich, da beide als Wiederkäuer grundsätzlich denselben Metabolisierungsweg von Phytoöstrogenen zeigen (2). Nähere Untersuchungen zu dennoch vorhandenen Unterschieden von Detoxifikationsprozessen zwischen Schafen und Rindern konnten keine Ergebnisse in dieser Richtung liefern (54). Eine mögliche Erklärung, warum Rinder weniger sensitiv auf phytoöstrogene Einflüsse reagieren, wird daher in Unterschieden der Östrogenrezeptoren beider Spezies vermutet (55). Nicht auszuschließen ist allerdings die unterschiedliche Körpermasse zwischen Schaf und Rind als Ursache zu den unterschiedlichen Reaktionen.

Für die reduzierte Fertilität bei landwirtschaftlichen Nutztieren werden unter den Isoflavonen vor allem Formononetin aufgrund seiner Umwandlung im Pansen in das östrogenwirksamere Equol (79) sowie die Isoflavone Genistein, Daidzein und Biochanin A verantwortlich gemacht (99). Auch Daidzein kann, wie bereits angeführt, zu Equol



metabolisiert werden. Jedoch liegt Formononetin häufig, zumindest in Kleepflanzen, in höheren Gehalten vor. Pflanzenarten, die Isoflavone in wirksamen Mengen enthalten, sind hauptsächlich Bodenfrüchtiger Klee (*Trifolium subterraneum* L.), Rotklee (*Trifolium pratense* L.), Alexandrinerklee (*Trifolium alexandrinum* L.) und Sojabohne (*Glycine max* L. Merrill) (99). Neben den Isoflavonen soll Coumestrol trotz der vergleichsweise geringen in der Pflanze vorkommenden Gehalte, Infertilität bei Schafen auslösen (76). Coumestan-Hauptfutterquellen sind Weißklee (*Trifolium repens* L.) und Luzerne (*Medicago sativa* L.) (76). Richtwerte, ab welchen Phytoöstrogengehalten im Futter Fruchtbarkeitsstörungen in landwirtschaftlichen Nutztieren auftreten können, liegen für Schafe vor, allerdings nur für Formononetin und Coumestrol. Demnach erzeugte Coumestrol bereits ab 25 mg/kg im Futter adverse Effekte und reduzierte die Fertilität (88). Der Formononetingehalt sollte nach australischen Angaben nicht 3 g/kg des Futters überschreiten, um Fruchtbarkeitsstörungen ausschließen zu können (64).

Bisher wenig erforscht wurden Futtermittel, die aufgrund ihres Sojaanteils phytoöstrogene Effekte bei Kühen erzielen. Zwei verhältnismäßig junge Studien von WOCLAWEK-POTOCKA und Mitarbeitern (103; 104), die sich mit dieser Thematik auseinandersetzen, werden im Folgenden näher vorgestellt. In der ersten Studie (103) berichten die Autoren von Fütterungsversuchen mit zwei unterschiedlich gefütterten Gruppen von Kühen, anhand derer mögliche Unterschiede zwischen beiden Gruppen in ihrer Effizienz der weiblichen Reproduktivität festgestellt werden sollten. Eine Gruppe von zwölf Tieren erhielt ein sojahaltiges Kraftfutter mit 2,5 kg extrudierten Sojabohnen (der Arbeit ist nicht zu entnehmen, ob es sich um vollfette Sojabohnen oder Sojaschrot handelte) sowie weiteren Anteilen von Raps und Getreide. Die Kontrollherde von zehn Kühen erhielt eine sojafreie Standarddiät. Im Futter der mit Soja gefütterten Tiere konnten signifikante Gehalte der beiden Isoflavone Genistein und Daidzein festgestellt werden; auch deren Metabolite Equol und p-Ethyl-Phenol wurden im Blut und Urin der Kühe nachgewiesen. Die weibliche Reproduktivität wurde anhand der erfolgreichen Befruchtungen und eintretenden Trächtigkeiten der Tiere bemessen. Während in der Kontrollgruppe vier von fünf Kühen trächtig wurden, waren es unter den Soja gefütterten Tieren nur drei von fünf. Dieser Rückgang wird auf den Einfluss der Phytoöstrogene bei der Freisetzung wichtiger Hormone, die bei der Trächtigkeit der Tiere eine Rolle spielen, zurückgeführt, da für diese eine positive Korrelation mit Equol- und p-Ethyl-Phenolgehalten im Blut der Kühe festgestellt werden konnte.

In der zweiten Studie (104) zu Auswirkungen von Phytoöstrogenen aus sojareichem Futter auf Kühe wurde der Vermutung nachgegangen, dass Tiere einen veränderten Phytoöstrogenmetabolismus während des Östrus und früher oder später Trächtigkeit zeigen. Die Autoren stellten fest, dass Kühe während früher Trächtigkeit höhere Isoflavonspiegel als während später Trächtigkeit aufwiesen. Aus diesem Grund könnte es sein, dass Kühe in dieser Zeit sensitiver auf Isoflavoneinflüsse reagieren als nichtträchtige Kühe oder solche während später Trächtigkeit.

Neben diesen unerwünschten Auswirkungen von Phytoöstrogenen aus Futtermitteln auf Kühe gibt es auch von einem erwünschten Effekt zu berichten. Lämmer, die Rotklee mit hohen Formononetingehalten (4,7 g/kg TM) zu fressen bekamen, erlangten höhere Gewichtszunahmen als Lämmer, die isoflavonarmen (3,3 g/kg TM) Rotklee oder Weidelgras (Isoflavongehalt: 0 g/kg TM) erhielten. Bei den Tieren, die auf formononetinreichem Rotklee grasten, zeigten sich erhöhte Wachstumshormongehalte im Blut. Es scheint hier eine erhöhte Freisetzung von Wachstumshormonen infolge einer erhöhten Phytoöstrogenexposition verursacht worden zu sein (60).

Der Frage, ob Phytoöstrogene ähnliche positive Auswirkungen auf die Gesundheit landwirtschaftlicher Nutztiere wie auf die Gesundheit des Menschen haben könnten, beispielsweise auf die Knochen oder das Herz-Kreislaufsystem, scheint bisher noch nicht näher untersucht worden zu sein.

## 7 Phytoöstrogene in der Nahrungskette: Phytoöstrogene in Milch Leguminosen gefütterter Kühe

### 7.1 Phytoöstrogene in Milch bei Sojabohnen-basiert gefütterten Kühen

Ebenso wie die Frage nach möglichen Auswirkungen einer phytoöstrogenhaltigen Fütterung durch Sojabohnen wurde auch die Fragestellung der Phytoöstrogenübertragung in die Milch bei einer sojahaltigen Fütterung von Kühen wissenschaftlich bisher nur wenig untersucht. Die beiden hier vorgestellten Arbeiten (46; 94) beziehen sich auf denselben Fütterungsversuch, der von Trínáctý (94) erstellt und durchgeführt wurde. Vier Holstein-Friesian Kühe in der Hochlaktation wurden in zwei Gruppen aufgeteilt, sodass eine Gruppe ein Kontrollfutter mit extrudiertem Rapskuchen (Gruppe R) und eine andere Gruppe ein Futter mit extrudierten vollfetten Sojabohnen (Gruppe S) erhielt. Das Experiment wurde in zwei Perioden von je 42 Tagen aufgeteilt, in denen sich die Soja-basierte Diät und Kontrolldiät zu je 21 Tagen abwechselten. Das aus extrudierten vollfetten Sojabohnen bestehende Futter enthielt rund 151 mg/kg Daidzein und 223 mg/kg Genistein. Die Phytoöstrogenlieferung der Kontrolldiät mit extrudiertem Rapskuchen lag dagegen bei 58,0 mg/d Isoflavonen insgesamt (94) bzw. 32 mg/d Daidzein und 27 mg/d Genistein (46). Plasma und Milchproben wurden dreimal pro Woche entnommen. Die Ergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden: Die Phytoöstrogene Daidzein, Genistein und der Metabolit Equol lagen sowohl im Plasma als auch in der Milch bei Gruppe S in signifikant höheren Gehalten vor gegenüber Gruppe R. Der Genistein-Metabolit p-Ethylphenol wurde weder im Plasma noch in der Milch gefunden. Andere charakteristische Plasmawerte wie beispielsweise Cholesterin zeigten sich in keiner Gruppe außergewöhnlich beeinflusst. Informationen zu weiteren Ertrags- und Qualitätsparametern der Milch (94) sind vorhanden: Milcherträge lagen für Gruppe S höher als für Gruppe R. Die Milchfett- und Milcheiweißgehalte lagen für Gruppe R höher. Aufgrund der höheren Milchleistung von Gruppe S erzielte jedoch auch diese Gruppe insgesamt die höheren Milchfett- und Milcheiweißträge. Die angegebenen Werte der Phytoöstrogenwiederfindung in der Milch aus dem Futter wurden wie nachstehend bestimmt:

Wiederfindung von Daidzein bzw. Genistein ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ ) = (Summe aus Daidzein und Equol bzw. Genistein in der Milch) / (Summe der Daidzein- bzw. der Genistein-Futteraufnahme).

Zusätzlich zu den Ergebnissen der einen Studie (94) haben KRAJČOVÁ und Mitarbeiter (46) detaillierte Ergebnisse zu Fluktuationen der Plasma- und Milchgehalte von Daidzein, Genistein und Equol in Abhängigkeit der verschiedenen Fütterungsperioden zusammengestellt. Dabei zeigten sich im Plasma besonders für Equol ausgeprägte Gehaltsanstiege mit Einsetzen der Verabreichung des Soja-basierten Futters und ebenso rapide Abnahmen am Ende dieser Fütterungsperiode. Daidzein zeigte nicht ganz so ausgeprägte Gehaltsunterschiede. Noch unausgeprägter waren sie für Genistein. In der Milch zeigte Equol ähnliche Dynamiken wie im Plasma, jedoch mit insgesamt niedrigen Gehalten. Interessanterweise zeigten sich in der zweiten Periode des Experiments während der Soja-basierten Fütterungsphase niedrigere Equolgehalte gegenüber der Soja-basierten Fütterungsphase der ersten Periode. Daidzein und Genistein zeigten in der Milch ebenfalls unerwartete Dynamiken. Während Daidzein in seinen Gehalten kaum Veränderungen auf die sich abwechselnden Fütterungsperioden und in der zweiten Periode sogar leicht niedrigere Gehalte zeigte, wurden für Genistein in der ersten Periode zuerst hohe Gehalte, gefolgt von niedrigen Gehalten in der zweiten Periode bei gleichzeitigen kaum merklichen Gehaltsunterschieden in Abhängigkeit der Soja-basierten oder sojafreien Diät festgestellt. Zusammenfassend kann also gesagt werden, dass sich infolge einer daidzeinreichen Fütterung, wie sie für Gruppe S vorlag, hohe Equolgehalte im Plasma und in der Milch wiederfinden ließen. Daidzein selbst und auch Genistein zeigten im Plasma ähnliche Zusammenhänge.

In der Milch jedoch konnte keine Beziehung zwischen den vorliegenden Gehalten der Isoflavone und der jeweiligen Fütterung nachvollzogen werden.

Auffallend bei den Ergebnissen war, dass die Wiederfindung der Phytoöstrogene und Metabolite in der Milch aus dem Futter der Gruppe R deutlich höher lag als für die Gruppe S (46). Die Wiederfindungsrate in der Milch scheint also bei niedrigen Isoflavon-aufnahmemengen aus dem Futter höher als bei entsprechend erhöhten Isoflavon-aufnahmemengen zu sein. Dies könnte damit erklärt werden, dass die Metabolisierungsaktivität im Pansen und gastrointestinalen Epithelium sowie die weiteren Konjugationsprozesse, wie bereits beschrieben, limitiert sind, bevor die Isoflavone und Metabolite in den Blutkreislauf und schließlich auch in den Euter gelangen (92).

## 7.2 Phytoöstrogene in Milch bei Rot-, Weißklee- oder Luzerne-basiert gefütterten Kühen

Zur Übertragung von Phytoöstrogenen aus Rotklee-, Weißklee- oder luzernehaltigem Futter in Milch werden nachstehend zwei aus Dänemark stammende Studien (Studie 1 und Studie 2) beschrieben. Studie 1 (9) widmete sich der Phytoöstrogenübertragung in Milch von Kühen nach Vorlage verschiedener Luzernesilagen sowie von Gras-Kleesilage. Studie 2 (10) untersuchte die Phytoöstrogenübertragung in Milch von Kühen, die im Gegensatz zu Studie 1 keine Silage erhielten, sondern zuvor auf frischer Weißklee-, Rotklee-, Luzerne- oder zichoriereicher Weide grasten.

Die Versuchsdurchführung von Studie 1 (9) fand mit 16 Kühen der dänischen Holstein-Rasse aufgeteilt auf vier verschiedene Futtermittelnvarianten zu je drei Wochen statt. Bei den vier untersuchten Futtermittelnvarianten handelte es sich um Luzernesilage (LS),  $\frac{2}{3}$  Luzerne- und  $\frac{1}{3}$  Maissilage ( $\frac{2}{3}$  LS),  $\frac{1}{3}$  Luzerne- und  $\frac{2}{3}$  Maissilage ( $\frac{1}{3}$  LS) sowie Graskleesilage (GKS). Die zuvor angelegte Grasnarbe für die GKS bestand aus 40 % Wiesenschweidel (*Festulium*), ein Hybrid aus Wiesen-Schwingel und Einjährigem Weidelgras (*Lolium multiflorum* Lam. x *Festuca pratensis* Huds.), sowie 40 % Deutschem Weidelgras (*Lolium perenne* L.) und je 10 % Rot- und Weißklee (*Trifolium pratensis* L. und *Trifolium repens* L.). Die letztendliche kompositionelle Zusammensetzung der GKS bestand jedoch zu 97,4 % aus Gras und nur zu 2,6 % aus Klee, aufgrund intensiven Wachstums des Wiesenschweidels im Frühjahr. Neben dem experimentellen Futter erhielten die Kühe eine Standard-Futtermischung (Gerste, Rapskuchen, Zuckerrübenpülpe sowie Vitamin- und Mineralmix). Milchproben wurden zu jedem Ende einer Versuchsperiode (drei Wochen), Futterproben jeweils an Tag 6, 13 und 21 einer Versuchsperiode entnommen. Die Gehalte für Formononetin, Daidzein und Genistein lagen in der GKS deutlich höher gegenüber den anderen Futtermittelnvarianten. GKS zeigte sich außerdem als die Futtermittelnvariante mit überhaupt deutlich nachweisbaren Biochanin A- und Prunetingehalten. Demgegenüber zeigte Luzerne – bei zwar niedrigeren Isoflavongehalten gegenüber der GKS – für Coumestrol und Secoisolariciresinol höhere Gehalte. Für die Futtermittelnvarianten aus/mit Luzernesilage nahmen die Coumestrol- und Secoisolariciresinolgehalte mit geringerem Luzerneanteil ab, bei jedoch ähnlich bleibenden Isoflavongehalten. Es konnten außerdem keine signifikanten Unterschiede in Futteraufnahme und Milchertrag zwischen den einzelnen Futtermittelnvarianten festgestellt werden. Als Phytoöstrogenmetabolite in der Milch sind der Isoflavonmetabolit Equol und die Lignanmetabolite Enterolactone und Enterodiol identifiziert worden. Analog zu den Gras-Kleesilage-Futterproben zeigte auch die Milch der mit Klee-Grassilage gefütterten Kühe höhere Isoflavongehalte gegenüber den anderen Milchproben. Insbesondere für Equol, aber auch für die beiden Isoflavone Formononetin und Daidzein konnte dieser Effekt beobachtet werden. Luzerne und Luzerne-Maissilagen-Milchproben zeigten keine signifikanten Unterschiede in ihren Formononetin-, Daidzein- und Equolgehalten. Die

höchsten Enterolactongehalte zeigten jene Milchproben, bei denen die Kühe mit  $\frac{1}{3}$  LS gefüttert wurden. Coumestrol zeigte die höchsten Gehalte in der Milch bei Fütterung mit Luzernesilage bzw.  $\frac{1}{2}$  sowie  $\frac{2}{3}$  Luzernesilage.

Die Studie 2 (10) wurde mit 48 Kühen der dänischen Holsteinrasse durchgeführt, die ebenfalls in vier Gruppen mit vier Futtermitteln aufgeteilt wurden: Weißklee-, Rotklee-, Luzerne- und zichoriereiche Weide. Wenn auch Zichorie (*Cichorium intybus* L.) als Nicht-Leguminose nicht im Interesse dieser Arbeit steht, schafft sie doch eine interessante Vergleichsbasis zu den anderen Leguminosenpflanzen und ihren Phytoöstrogengehalten. Das Weideexperiment wurde einmal im Mai und einmal im Juni durchgeführt. Jede Futterperiode fand 15 Tage statt. Die ein Jahr im Voraus für das Experiment angelegten Grasnarben wurden jeweils aus der Testspezies und drei unterschiedlichen Sorten von Deutschem Weidelgras (*Lolium* spp.) angelegt. Um die Futteraufnahmemengen unter den Kühen während des Weidens angleichen zu können, wurden die Weiden in gleich große Abschnitte unterteilt und eingezäunt. Die Kühe weideten 20 Stunden pro Tag. Zusätzlich erhielten sie zweimal täglich nach dem Melken eine Futtermischung, überwiegend aus Hafer sowie Heu und einem Mineralmix. Futterproben wurden zu Beginn jeder Futterperiode entnommen. Dazu wurden einzelne Pflanzen per Hand ab einer Stoppelhöhe von 5–6 cm abgerissen, um so eine repräsentativere Probe für die Futteraufnahme des Tieres zu erhalten gegenüber entnommenen Pflanzen direkt über der Bodenoberfläche. Die angegebenen Gehalte basieren auf Proben beider Perioden. Bei Betrachtung der Gesamt-Phytoöstrogengehalte fällt schnell auf, dass diese für Rotklee weide um ein Vielfaches höher gegenüber den anderen Weidevarianten lagen. Bis auf Chrysin zeigten sich hier für Naringenin, Biochanin A, Formononetin und Glycitein die höchsten Gehalte aller untersuchten Varianten. Zichorie zeigte die höchsten Chrysingehalte. Weißklee weide wies ebenfalls verhältnismäßig hohe Formononetingehalte auf. Daidzein und Genistein konnten aufgrund analytischer Probleme nicht bestimmt werden. Angaben zu Coumestanen und Lignanen in den untersuchten Proben liefern die Autoren nicht, was zumindest für die Lignane verwunderlich ist, da deren Metabolite als Phytoöstrogene in der Milch mit aufgeführt werden. Milchproben wurden jeweils am Tag 15 am Ende einer Periode entnommen. Es zeigten sich keine abweichenden Werte für Milchertrag und andere Qualitätsparameter zwischen den verschiedenen Weidevarianten. Die Metabolite Equol und Enterolacton sowie Naringenin waren die quantitativ am stärksten vertretenen Phytoöstrogene in allen Milchvarianten. Wie auch betreffend der Phytoöstrogengehalte der Weidevarianten selbst, zeigte auch hier die Rotklee-Milchvariante die höchsten Phytoöstrogengehalte. Im Vergleich zu den anderen Milchvarianten fanden sich hier die höchsten Equol-, Daidzein- und Formononetingehalte, aber geringere Enterolactongehalte. Die höchsten Enterolactongehalte zeigten die Weißklee-, Luzerne- und Zichorievarianten. Bei der hier beschriebenen Studie handelt es sich nach Angaben der Autoren um die erste Studie, die die Flavonoide Naringenin und Chrysin in Futtermitteln und in Milch sowie Phytoöstrogengehalte von Zichorie ermittelte. Die Zichorie-Milchvariante zeigte ähnliche Phytoöstrogengehalte wie die Weißklee- und Luzernemilchvarianten, jedoch im Mai mit deutlich höheren Equolgehalten, was insgesamt zu vergleichsweise hohen Gesamt-Phytoöstrogengehalten führte. Die Bestimmung des Glyciteingehaltes in der Milch soll nach eigenen Angaben der Autoren dieser Studie erstmalig beschrieben worden sein. Auch der Gehalt von Glycitein in Futtermitteln wurde bisher im Vergleich zu anderen Phytoöstrogenen nur selten in Studien ermittelt.

Bei Gegenüberstellung der jeweiligen Milchprobenergebnisse aus Mai und Juni kann festgestellt werden, dass die Gesamt-Phytoöstrogengehalte für alle Milchvarianten im Mai höher lagen als im Juni. Diese Beobachtungen stimmen mit den Ergebnissen (76; 77; 79), dass jüngere Aufwüchse höhere Phytoöstrogengehalte gegenüber älteren Aufwüchsen aufweisen, für Rotklee überein. Vergleicht man die gefundenen Phytoöstrogenwerte im Futter und in Milch mit Studie 1, kann man festhalten, dass Studie 1, trotz der wesentlich

geringeren Anteile von Rot- und Weißklee im Futter, gegenüber Studie 2, erstaunlich hohe Phytoöstrogengehalte in der Milch aufwies. Diese Tatsache unterstützt erneut die bereits erwähnte Annahme, dass der Transfer von Phytoöstrogenen aus dem Futter in die Milch aufgrund der dazwischenliegenden Metabolisierungsprozesse im Pansen und gastrointestinalen Epithelium des Tieres limitiert ist und folglich bestimmte höhere Gehalte aus dem Futter nicht mehr in die Milch transferiert werden (92). Studie 2 wies für die Rot- und Weißkleeproben im Vergleich zu einer anderen durchgeführten Studie (92) allgemein höhere Isoflavongehalte auf. STEINSHAMM und Mitarbeiter (92) untersuchten zwei Futtervarianten auf Basis von Rotklee- und Weißkleesilage sowie deren Phytoöstrogenübertragung in die Milch. Dem angegebenen Wissensstand nach (10) handelt es sich bei den beiden hier ausführlich beschriebenen Studien 1 und 2 sowie der genannten Studie von STEINSHAMM und Mitarbeitern (92) um die (zumindest bis dato) einzigen Arbeiten, die die Phytoöstrogenübertragung aus dem Futter in die Milch wissenschaftlich untersuchten.

Die gefundenen höheren Isoflavongehalte von Studie 2 (gegenüber 92) führen die Autoren (10) auf die Tatsache zurück, dass in ihrer Studie frisches Weidefutter gegenüber der Verwendung von Silage eingesetzt wurde. Die Autoren (10) gehen folglich davon aus, dass frisches Kleefutter höhere Phytoöstrogengehalte als Silage aufweist. Damit stimmen sie mit den bereits erwähnten Ergebnissen (87) überein, jedoch nicht mit den Ergebnissen anderer Autoren (43; 77). Zu bedenken sei, dass es sich bei der Silierung um einen dynamischen Prozess handle, der von vielen Faktoren abhinge und dementsprechend bei Schwankungen auch in einem unterschiedlichen Maß Einfluss auf die Isoflavongehalte im Futter nehmen könnte (10; 87).

Außerdem wurde der Einfluss einer Verabreichung eines Futterkonzentratmixes auf die Phytoöstrogenaufnahme des Tieres und die resultierenden Phytoöstrogengehalte in der Milch dieser Tiere untersucht (92). Bei dem verabreichten Konzentratmix handelte es sich im Prinzip um ähnliche Futtermischungen, die ebenfalls in Studie 1 und 2 zusätzlich zu dem experimentellen Futter angeboten wurden. Die Autoren (92) stellten fest, dass es gemeinsam mit Verabreichung des Konzentratmixes zu einer höheren Futteraufnahme der Tiere sowie höheren Milcherträgen kam. Des Weiteren wurden in der Milch der Futtergruppen mit Konzentratmix niedrigere Isoflavongehalte gemessen. Dies wird teilweise auf die insgesamt höhere Trockenmasseaufnahme der Tiere zurückgeführt. Lignane dagegen erhöhten sich in der Milch der Futtergruppen mit Konzentratmix. Auch in dieser Studie wurden für die Rotkleeproben (Futter und entsprechende Milch) die höchsten Isoflavongehalte gemessen.

Vergleicht man nun noch die gefundenen Isoflavongehalte in den Milchproben von Studie 1 und Studie 2 mit den gefundenen Isoflavongehalten in der Milch Sojabohnen-basiert gefütterter Kühe aus dem vorherigen Abschnitt, so kann vor allem festgestellt werden, dass die Rotklee-Milchvarianten höhere Equolgehalte als die Soja-Milchvarianten aufweisen. Insbesondere jene von Studie 2 der Milchvarianten von Mai. Überraschenderweise weist sogar die Zichorie-Milchvariante von Mai leicht höhere Equolgehalte gegenüber der Soja-Milchvariante auf. Die Gehalte für den Equolpräkursor Daidzein und für Genistein liegen jedoch allgemein in den Soja-Milchvarianten höher.

## 8 Phytoöstrogengehalte von Milch- und Milchprodukten

Verschiedene Studien haben sich der Untersuchung von Phytoöstrogengehalten in Kuhmilch mit Blick auf mögliche Unterschiede zwischen konventionell und ökologisch erzeugter Milch gewidmet. Dabei konnte festgestellt werden, dass Milch von ökologisch wirtschaftenden Betrieben deutlich höhere Phytoöstrogengehalte gegenüber konventionell wirtschaftenden Betrieben aufwies, insbesondere bezogen auf Daidzein und Equol

(12). Die Autoren (12) untersuchten Milch-Phytoöstrogengehalte außerdem dahingehend, ob Unterschiede zwischen fettarmer und normal-fetthaltiger Milch bestehen. Es konnten in dieser Studie keine signifikanten Unterschiede zwischen Milch-Phytoöstrogengehalten fettarmer und normal-fetthaltiger Milch festgestellt werden. In einer anderen Studie (49) fand man dagegen für Vollmilch höhere Phytoöstrogengehalte gegenüber fettreduzierter Milch, jedoch für Magermilch sowohl höhere Werte gegenüber Vollmilch als auch gegenüber fettreduzierter Milch. Daher ist zu vermuten, dass die vorliegenden Phytoöstrogengehalte in Milch in keinem Zusammenhang mit den jeweiligen Fettgehalten der Milch stehen. Außerdem wurden nach eigenen Angaben der Autoren erstmals Phytoöstrogengehalte weiterer Milchprodukte und damit von Lebensmitteln tierischen Ursprungs untersucht (49). Auch hier wies Joghurt aus biologischer Herstellung höhere Equolgehalte gegenüber konventionell hergestelltem Joghurt auf; außerdem zeigte er auffallend hohe Lignangehalte. Des Weiteren wurde festgestellt, dass verschiedene Käsesorten höhere Gesamt-Phytoöstrogengehalte gegenüber der jeweils für die Käseherstellung eingesetzten Milch aufwiesen. Das könnte man einerseits damit erklären, dass die Phytoöstrogengehalte aufgrund des zunehmenden TM-Gehaltes des Käses im Verlaufe der Käseherstellung ebenfalls ansteigen. Andererseits zeigte Joghurt, der vergleichsweise mit Käse verhältnismäßig niedrige TM-Gehalte aufweist, ähnlich hohe Gesamt-Phytoöstrogengehalte wie Käse. Folglich scheint auch kein Zusammenhang zwischen den vorliegenden Phytoöstrogengehalten im Milchprodukt und deren TM-Gehalten vorzuliegen.

## 9 Phytoöstrogenexposition des Menschen und Auswirkungen

Die Mechanismen der Absorption, Metabolisierung und der Exkretion von Phytoöstrogenen im menschlichen Körper sind noch nicht vollständig aufgeklärt. Das meiste Wissen besteht für Isoflavone und Lignane (35), anhand derer im Folgenden die genannten Mechanismen für Phytoöstrogene erläutert werden sollen. Für Prenylflavonoide und Coumestane liegen bislang keine Informationen aus der Literatur vor.

Die Absorption der Isoflavone und Lignane erfolgt im Dün- und Dickdarmbereich. Bedingung für eine erfolgreiche Absorption der Isoflavone ist das Vorliegen der Substanzen in ihrer Aglykonform. Da Isoflavone in der Pflanze und in pflanzlichen Produkten in aller Regel als Glykoside vorliegen, findet vorher eine hydrolytische Spaltung des Zuckerrestes mithilfe von intestinalen Bakterien ( $\beta$ -Glukosidasen) und damit die Bildung ihrer freien Aglykonformen (Daidzein, Genistein, Glycitein, Formononetin, Biochanin A) statt (35; 78).

Bevor es zur Resorption der Isoflavone kommt, können allerdings noch weitere Metabolisierungsprozesse stattfinden. Dabei kann aus Daidzein über Dihydrodaidzein entweder durch Spaltung des Phenolringes der Isoflavonmetabolit *o*-Desmethylangolensin oder unter Erhalt des Phenolringes Equol entstehen (41). Equol besitzt eine höhere Affinität an Östrogenrezeptoren zu binden als sein Präkursor Daidzein (85) und zeigt außerdem ausgeprägtere antioxidative Effekte gegenüber anderen Isoflavonen (13). Nicht alle Menschen können Equol bilden. Weltweit wird der Anteil zur Befähigung der Equolbildung mit 30–50 % geschätzt, wobei dieser in der asiatischen Bevölkerung ausgeprägter zu sein scheint als in der westlichen Bevölkerung (7; 18; 29; 84). Genistein kann analog zu Daidzein zuerst über Dihydrogenistein in 6'-Hydroxy-*o*-desmethylangolensin umgewandelt werden (41). Weitere Metabolisierungsprozesse für Formononetin und Biochanin A werden in der Literatur nicht angegeben. Diese beschränken sich wohl auf die Demethylierung beider Verbindungen, wodurch Formononetin zu Daidzein und Biochanin A zu Genistein umgesetzt wird, die dann den zuletzt geschilderten Umwandlungsprozessen unterliegen können.

Die mit der Nahrung aufgenommenen Lignane Secoisolariciresinol und Matairesinol werden mithilfe intestinaler Bakterien zu den im menschlichen Organismus vorkommenden Verbindungen Enterodiol und Enterolacton metabolisiert, bevor sie absorbiert werden können. Secoisolariciresinol wird durch Hydrolyse des Zuckerrestes, Dehydroxylierung und Demethylierung zu Enterodiol metabolisiert, welches durch Oxidation weiter zu Enterolacton umgewandelt werden kann. Matairesinol wird dagegen auf direktem Wege durch Dehydroxylierung und Demethylierung zu Enterolacton umgewandelt (6; 50).

Die bis hier beschriebenen Metabolisierungsvorgänge werden dem „Phase-I-Metabolismus“ zugeordnet. Nach Resorption gelangen die phytoöstrogenen Verbindungen via Pfortader in die Leber. Hier unterliegen sie dem „Phase-II-Metabolismus“, wo sie überwiegend durch Glukuronsäure- und Sulfotransferasen mit Glukuronsäure oder Sulfat konjugiert werden. Nach Absorption und Metabolisierung der phytoöstrogenen Substanzen sind sie in einer Vielzahl von Körperflüssigkeiten zu finden wie Plasma, Urin, Prostata- und Samenflüssigkeiten, Galle, Milch, Lungensekret sowie Zysteninhalte (102). In der Konjugatform werden sie überwiegend mit dem Urin oder mit der Galle ausgeschieden. Wobei die Gallenverbindungen anschließend einem enterohepatischen Kreislauf unterliegen (6; 35; 74; 78).

Eine Reihe von Faktoren kann die Bioverfügbarkeit von Phytoöstrogenen beim Menschen beeinflussen, wobei auch hier vor allem Informationen zu Isoflavonen vorliegen. Einfluss nehmende Variablen sind beispielsweise die Darmflora, das Alter, die Verarbeitung der Lebensmittel, die Art der Ernährung und die Dauer der Aufnahme (18; 74). Hinsichtlich der Faktoren Darmflora und Alter wurde u. a. festgestellt, dass Säuglinge einen niedrigeren Equolgehalt in Plasma und Urin aufweisen als Erwachsene, was auf die noch nicht vollständig ausgebildete Darmflora zurückgeführt werden kann (81).

Bezüglich der Verarbeitung von Lebensmittel kann sich das Verhältnis der darin enthaltenen Glykosid- zu freien aktiveren Aglykonisoflavonen verändern. So enthalten beispielsweise fermentierte Sojaprodukte wie Tempeh einen höheren Anteil an Aglykonen gegenüber unfermentierten Sojaprodukten wie Tofu (100). Beim Faktor Ernährung konnte neben anderen Einflüssen gezeigt werden, dass eine ballaststoffreiche Ernährung die Absorption und die Metabolisierung von Isoflavonen behindern kann. Dies wird damit begründet, dass bei Vegetariern, die regelmäßig faserreiche Nahrungsmittel zu sich nehmen, eine eingeschränkte bakterielle Enzymaktivität der  $\beta$ -Glukorinidasen gegenüber Nicht-Vegetariern festgestellt wurde (4; 74).

## 9.1 Auswirkungen durch Phytoöstrogenexposition für den Menschen

Verschiedene Untersuchungen, die den geschätzten Verzehr von Nahrungsöstrogenen zwischen westlicher und östlicher Weltbevölkerung verglichen, stellten fest, dass Menschen in östlichen Ländern deutlich mehr Phytoöstrogene aufnehmen als in westlichen Ländern (15). Dies ist vor allem in der unterschiedlichen Ernährungsweise beider Bevölkerungsgruppen begründet. In asiatischen Ländern besteht beispielsweise ein verbreiteter Konsum von Soja und Soja-basierten Lebensmitteln, die zu den phytoöstrogenreichsten Quellen in der menschlichen Ernährung zählen. Solche vergleichenden Untersuchungen fanden in aller Regel nur für Isoflavone statt. Die geschätzte tägliche Isoflavonaufnahme z. B. von Japanern liegt bei 25–45 mg (84). In anderen Gebieten Asiens konnten sogar Werte von 150–200 mg Isoflavonaufnahme pro Tag gefunden werden (95). Die Werte variieren zwischen ländlichen und städtischen Gebieten auf Absorption, Metabolismus und Exkretion von Phytoöstrogenen. Für die westliche Population wird dagegen die tägliche Isoflavonaufnahme auf maximal 1 mg geschätzt, sofern nicht zusätzlich entsprechende Nahrungsergänzungsmittel eingenommen werden. Dennoch ist festzuhalten, dass inzwischen eine große Menge an Lebensmittelprodukten Zusatzstoffe auf Sojabasis wie z. B. den

Emulgator Sojalecithin enthalten. Isoflavone migrieren gemeinsam mit der Proteinfraction während des Produktionsprozesses. Daher enthalten proteinfreie Sojaprodukte wie Sojalecithin oder Sojaöl auch keine Isoflavone (82). Bei Menschen mit einer vegetarischen Ernährung konnten leicht höhere Isoflavonaufnahmen von bis zu 3 mg täglich festgestellt werden (35). Viel bedeutsamer ist aber, dass neben den genannten Unterschieden der Ernährungsmuster ein geringeres Auftreten sowie eine geringere Mortalität durch Prostata- und Brustkrebs bei östlichen Bevölkerungsteilen festgestellt wurde, was letztendlich in Zusammenhang mit der phytoöstrogenreicheren Ernährung von Asiaten gebracht wird (5; 68; 95). Lebensstiländerungen asiatischer Frauen, z. B. durch Emigration in die USA, bewirkten innerhalb weniger Generationen (z. T. nur einer Generation) eine Erhöhung des Brustkrebsrisikos auf das Niveau einheimischer Frauen in den USA (47). Ähnliche Migrationsstudien liegen für das Prostatakrebsrisiko bei Männern vor (25).

Neben der krebspräventiven Wirkung werden Phytoöstrogenen weitere schützende Wirkungen gegen kardiovaskuläre Erkrankungen, postmenopausale Osteoporose und klimakterische Beschwerden zugesprochen (7; 47; 95). Bisher existieren aber noch keine belastbaren Beweise für eine präventive Wirkung von Phytoöstrogenen gegenüber den genannten Krankheiten und Beschwerden.

Zudem gibt es ebenso Annahmen über mögliche negative gesundheitliche Effekte für den Menschen durch Phytoöstrogene. Diese beziehen sich auf das Potenzial zur Auslösung nachteiliger Wirkungen auf Gebärmutter, Schilddrüse und das weibliche Brustdrüsengewebe, entgegen der bereits aufgeführten positiven Wirkungen auf Selbige (18; 32; 63). Des Weiteren werden Phytoöstrogene als eine mögliche Verursacherquelle für einen Rückgang männlicher Fertilität aufgeführt (93), auch wenn bisher diesbezüglich keine eindeutigen Ursachen oder Zusammenhänge herausgestellt werden konnten. Die Ernährung von Säuglingen mit Soja-basierter Babynahrung wird von vielen Stimmen kritisch und als schwer eindeutig bewertbar empfunden.

#### *9.1.1 Ernährung von Säuglingen mit Babynahrung auf Sojaweißbasis*

In der Europäischen Union dürfen Säuglinge mit Säuglingsanfangs- und -folgenahrung auf Basis von Kuhmilchprotein oder Sojaprotein ernährt werden. Erstmals wurden Sojabohnen als Grundstoff zur Herstellung von Säuglingsnahrung zu Beginn des 20. Jahrhunderts eingesetzt. Bis 1960 fand die Herstellung Soja-basierter Säuglingsnahrung aus Sojabohnenmehl statt. Inzwischen wird Babynahrung aber nur noch aus hoch gereinigtem Sojaweißisolat hergestellt (19; 70). Indikationen des Einsatzes von Säuglingsnahrung auf Sojabasis waren die Behandlung verschiedener Krankheiten von Säuglingen wie beispielsweise Durchfälle oder bei Unverträglichkeiten gegenüber Kuhmilchweiß. Dass der Nutzen und die Sicherheit dieses Vorgehens in Frage gestellt werden, ist erst eine Entwicklung der letzten Jahre. Besorgnisse entstanden vor allem vor dem Hintergrund hoher Phytoöstrogengehalte in den Säuglingsnahrungs-Produkten, aber auch wegen deren Gehalten an Phytat und Aluminium (70).

Ergebnisse aus Tierversuchen geben zur Besorgnis Anlass, dass Phytoöstrogene adverse Effekte auf die Entwicklung der Fortpflanzungsorgane, das Immunsystem und die Schilddrüse von Säuglingen bewirken können (19). Bisher gibt es jedoch keine Studien, die beim Menschen negative Auswirkungen auf die Reproduktionsorgane oder eine eingeschränkte Fertilität durch die Ernährung von Säuglingen auf Sojaweißbasis feststellten (19; 78). Dennoch gibt es ältere Befunde, die von einem eingeschränkten Immunsystem bei Säuglingen berichten, die auf Sojabasis ernährt wurden gegenüber einer Vergleichsgruppe, die Säuglingsnahrung auf Kuhmilchbasis erhielt (110). Eine Ursache dafür könnte jedoch darin liegen, dass damals Sojanahrung noch aus Sojabohnenmehl hergestellt wurde und noch nicht wie heute aus hoch gereinigtem Sojaweißisolat (19).



Die in der Sojabohne enthaltenen Isoflavone Genistein und Daidzein können die Schilddrüsenfunktion beeinträchtigen, was in Anwesenheit von Jod aber reversibel ist. Soja-Säuglingsnahrung enthält jene Isoflavone in entsprechendem Gehalt, die zu Beeinträchtigung der Schilddrüsenfunktion führen (70). Die Säuglingsnahrungen werden daher mit Jod angereichert. Bei Säuglingen mit einer angeborenen Schilddrüsenunterfunktion ist dies jedoch nicht ausreichend und eine zusätzliche Versorgung mit Schilddrüsenhormonen wird in diesen Fällen daher empfohlen (19). Negative Auswirkungen durch Sojasäuglingsnahrung traten außerdem in Form von Sojaallergien auf, die sich beispielweise in einer Studie (28) bei 3–4 % der Säuglinge zeigte. In einer andern Studie (81) wird die quantitative Exposition von Säuglingen beschrieben, die mit Säuglingsnahrung auf Sojaweißbasis ernährt werden. Die Analyse zeigt, dass die tägliche Aufnahme von Isoflavonen über die Säuglingsnahrung sechs- bis elffach höher liegt (in Relation zu ihrem Körpergewicht) als die Dosis, die bei Erwachsenen zu hormonellen Effekten führt. Die Plasmaspiegel der Säuglinge zeigen außerdem 13 000 bis 22 000-fach höhere Isoflavongehalte als die endogenen Östradiolgehalte. Ebenso wurden die Isoflavongehalte und der Plasmaspiegel von Säuglingen gemessen, die auf Kuhmilchbasis und mit Brustmilch ernährt wurden. Nach Einschätzung der Autoren sind die ermittelten Isoflavongehalte jedoch vernachlässigbar niedrig.

Stellungnahmen zur Verwendung von Säuglingsnahrung auf Sojaweißbasis wurden in vergangener Zeit von verschiedenen Seiten geäußert (19; 70). Die Verfasser scheinen sich darin einig zu sein, dass bei nicht oder nicht voll gestillten Säuglingen Kuhmilchweißprodukte für die Säuglingsernährung bevorzugt werden sollten. Sojaweißnahrung sollte dagegen nur bei Vorliegen begründeter Indikationen gewählt werden, wie sie beispielsweise bei einer angeborenen Laktoseintoleranz vorliegt. Des Weiteren wird befunden, dass die bisherigen vorliegenden Daten von Mensch und Tier noch zu unvollständig sind, um eine abschließende Bewertung im Hinblick auf mögliche unerwünschte Effekte von Sojasäuglingsnahrung vornehmen zu können (19; 70).

#### 9.1.2 Risikoeinschätzung von Frauen- und Kinderärzten in Schleswig-Holstein

Im Hinblick auf die widersprüchlichen Indizien und die sich gegenüberstehenden Ansichten möglicher Auswirkungen durch eine Phytoöstrogenexposition auf den Menschen in der wissenschaftlichen Literatur, erschien es interessant, Fachleute nach ihrer Meinung zu dieser Thematik zu befragen.

**Tabelle 1. Isoflavongehalte und geschätzte tägliche Isoflavonaufnahmemengen von Isoflavon-Präparaten auf Soja- und Rotkleebasis und von Säuglingsnahrung auf Sojaweißbasis**

Produkt	Isoflavongehalt	Geschätzte Isoflavon-Aufnahme/d
Säuglingsnahrung auf Sojaweißbasis (Pulver)	26,3 mg/100 g*	
Säuglingsnahrung auf Sojaweißbasis (angerührt)	3–247 µg/ml**	4,5–8,0 mg/kg Körpergewicht/d**
Isoflavonpräparat auf Sojabasis	20 oder 60 mg/Kapsel***	20–120 mg/d****
Isoflavonpräparat auf Rotkleebasis	20 oder 40 mg/Kapsel***	20–120 mg/d****

Quellen: (\* 67; \*\* 81; \*\*\* 56; \*\*\*\* 20)

In Tabelle 1 sind Isoflavongehalte sowie geschätzte tägliche Isoflavonaufnahmemengen von Isoflavonpräparaten auf Soja- und Rotkleebasis und von Säuglingsnahrung auf Soja-eiweißbasis angegeben. Es wird gezeigt, dass die Gehalte deutlich über den geschätzten Isoflavonaufnahmemengen in westlichen Ländern liegen, sofern keine Einnahme spezieller Präparate oder besondere Ernährungsgewohnheiten vorliegen. Isoflavonpräparate auf Soja- oder Rotkleebasis zur Behandlung von Wechseljahrbeschwerden der Frau sind inzwischen in jeder Apotheke und in jedem gut sortiertem Drogeriemarkt frei zu erhalten. Auch die Verwendung von Säuglingsnahrung auf Sojaeiweißbasis steht in der EU, wie bereits erwähnt, allen Eltern offen. Daher erschien es von größtem Interesse, eine Einschätzung und Bewertung von Fachleuten zur Einnahme der genannten isoflavonhaltigen Präparate bzw. über die Verabreichung Sojaeiweiß-basierter Babynahrung zu erhalten. Hinsichtlich der vorliegenden Thematik wurden mehrere Frauen- und Kinderärzte/innen befragt, da sie sich im Rahmen ihrer beruflichen Praxis häufig mit Fragen zu Wechseljahrbeschwerden und Beratung bei der Säuglingsernährung auseinandersetzen müssen.

Es wurden insgesamt 80 Ärzte/innen, davon 40 Frauen- und 40 Kinderärzte/innen, in Kiel und Umgebung sowie über die verschiedenen Landkreise Schleswig-Holsteins auf postalischem Wege befragt. Von 41 angeschriebenen Ärzten/innen trafen Rücksendungen ein. Da die Ärzte/innen bis auf Angabe ihrer Postleitzahlen anonym behandelt wurden, können hier keine Detailangaben hinsichtlich der Antwort gebenden Frauen- oder Kinderärzte/innen gemacht werden. Die Mehrheit der befragten Ärzte/innen gab an, kein Gefährdungspotenzial für den Menschen durch die Einnahme phytoöstrogenhaltiger Präparate oder durch die Verabreichung von Babynahrung auf Sojabasis zu sehen. Bei der Frage nach einer konkreteren Bewertung von Phytoöstrogenen auf die menschliche Gesundheit schätzten 16 von 41 Ärzte/innen die Einnahme phytoöstrogenhaltiger Präparate bzw. die Babyernährung auf Sojabasis für „bedenklich“ ein. Diese gegebenen Einschätzungen können sehr wahrscheinlich denselben Ärzten/innen zugeordnet werden, die angaben, ein Gefährdungspotenzial durch die Einnahme phytoöstrogenhaltiger Präparate oder durch die Verabreichung von Babynahrung auf Sojabasis zu sehen. Insgesamt 15 von 41 Ärzte/innen hielten die Einnahme phytoöstrogenhaltiger Präparate bzw. die Verabreichung von Babynahrung auf Sojabasis für „unbedenklich“. Eine Minderheit von vier Ärzten/innen gab an, die entsprechenden Präparate bzw. Säuglingsnahrungen für „empfehlenswert“ bzw. sechs Ärzte/innen für „empfehlenswert mit Grenzwert je Präparat“ zu halten.

Weiterhin wurde nach einer Einschätzung von Grenzwerten für tägliche Aufnahmemengen von Isoflavonen (0–25 mg, 25–50 mg, 50–100 mg, 100–150 mg und >150 mg) gefragt, ab denen eine Störung im menschlichen Organismus zu erwarten sei. Diese Frage wurde getrennt für den menschlichen erwachsenen und den menschlichen kindlichen Organismus gestellt. Die eindeutige Mehrheit machte zu diesen Fragen keine Angaben. Einerseits, nach eigenen Anmerkungen der Ärzte/innen, aufgrund mangelnder Kenntnis oder aufgrund des noch ausstehenden Forschungsbedarfes dazu. Jene Ärzte/innen, die eine Einschätzung von Grenzwerten angaben, setzten diese für den kindlichen Organismus niedriger an als für den erwachsenen Organismus. So sahen sechs Ärzte/innen bereits im Bereich von 0–25 mg Isoflavonaufnahme täglich eine Gefährdung für die Gesundheit der Säuglinge. Für diesen Grenzwertbereich sahen allerdings nur zwei der befragten Ärzte/innen eine Gefährdung bei Erwachsenen; die Mehrheit befand erst tägliche Aufnahmemengen in einer Größenordnung von mindestens 50 mg als grenzwertig.

Außerdem wurde der Frage nachgegangen, ob regionale Unterschiede beim Antwortverhalten der befragten Ärzte/innen in den verschiedenen Teilen Schleswig-Holsteins festzustellen sind. Bei Auswertung der angegebenen Postleitzahlen in Zusammenhang mit der Frage nach einer konkreteren Bewertung von Phytoöstrogenen für die menschliche Gesundheit, zeigt sich für Kiel und Umgebung eine knappe Mehrheit für die Einschätzung „unbedenklich“. Außerdem scheint der Auswertung nach eine deutlichere Mehrheit der

Ärzten/innen in Kiel und Umgebung ansässig, die Phytoöstrogeneinnahmen für „empfehlenswert“ bzw. „empfehlenswert mit Grenzwert je Präparat“ halten.

Es kann also zusammengefasst werden, dass von den Befragten mehrheitlich kein ausgehendes Gefährdungspotenzial von Phytoöstrogenen für die menschliche Gesundheit gesehen wird. Jedoch würde nur eine Minderheit der Ärzte die Einnahme von Phytoöstrogenen ihren Patienten empfehlen. Erstaunlich ist, dass die Werte bezüglich einer Grenzwerteinschätzung zum Teil mehrheitlich in Bereichen liegen, die durchaus über eine „normale“ Einnahme von Isoflavonpräparaten oder durch Verabreichung von Säuglingsnahrung erreicht werden (Tab. 1). Von dieser Minderheit der Ärzte/innen mit Grenzwertangaben wird also mit anderen Worten eine klare gesundheitliche Gefährdung durch die Einnahme üblicher Isoflavonpräparate oder die Säuglingsernährung auf Sojabasis befürchtet.

## 10 Schlussfolgerungen und Ausblick

Anhand verschiedener Studien wurde gezeigt, dass Phytoöstrogengehalte nach voraus gegangener Leguminosenfütterung der Kühe in Milch festzustellen sind und diese in Abhängigkeit der Fütterung variieren. Im Vergleich zu anderen phytoöstrogenreichen Nahrungsquellen und auch im Vergleich zu den verfütterten Leguminosen selbst, stellt Kuhmilch jedoch eine wenig bedeutsame Phytoöstrogenquelle dar. Im Gegensatz dazu, weisen isoflavonhaltige Nahrungsergänzungsmittel und Säuglingsnahrung auf Sojaweißbasis deutlich höhere Phytoöstrogengehalte als Milch auf. Auch Milchprodukte zeigen gegenüber den anderen genannten Phytoöstrogenquellen niedrige Phytoöstrogengehalte, auch wenn die Gesamt-Phytoöstrogengehalte für verschiedene Käsesorten gegenüber Milch selbst höher liegen können.

Es wurden verschiedene Studien vorgestellt, mithilfe derer veranschaulicht wurde, dass weiterhin Unklarheit darüber besteht, ob die von Phytoöstrogenen ausgehenden Effekte auf die menschliche Gesundheit allgemein als positiv oder negativ zu beurteilen sind. Vielmehr kann angesichts des aktuellen Wissensstandes gesagt werden, dass eine solche Beurteilung nicht möglich scheint. Zutreffender ist, dass Phytoöstrogene aufgrund ihrer Eigenschaft, sowohl östrogen als auch antiöstrogen wirken zu können, sowie in Abhängigkeit des jeweiligen Zielorgans und der zahlreichen weiteren Einfluss nehmenden Faktoren, positive und negative gesundheitliche Effekte erzielen können. Es bedarf daher weiterer Untersuchungen mit dem Ziel, die bestimmenden Faktoren der Phytoöstrogen-Wirksamkeit aufzuklären.

Wirksame Phytoöstrogengehalte, ab denen ein Effekt (positiv als auch negativ) zu erwarten sein kann, können als wesentlich höher eingestuft werden, als sie in Milch- und Milchprodukten vorliegen. Effekte in Humanstudien, die durch Einnahme von Phytoöstrogenen (Isoflavonen) festgestellt werden konnten, traten in aller Regel erst ab Aufnahmemengen von 40 mg/Tag auf. Folglich erscheint es auch hier praktisch unmöglich, über Milch annähernd hohe Phytoöstrogenmengen aufzunehmen, ab denen in Humanstudien Effekte beobachtet werden konnten. Dennoch gilt zu berücksichtigen, dass bisher kaum Wissen darüber besteht, inwiefern verschiedene Phytoöstrogenquellen additive oder synergistische Effekte erzielen können, wozu auch Milch als Phytoöstrogenquelle beitragen könnte.

Milch besitzt ein Potenzial als Equolquelle, insbesondere die Milch von Kühen, die mit Rotklee gefüttert wurden. Da nicht alle Menschen befähigt sind, Equol zu bilden, dieser Substanz aber gegenüber den anderen Isoflavonen eine überlegene östrogene und antioxidative Aktivität zugesprochen wird, könnte diese Milch ein bedeutsamer Equollieferant für die angeführte Bevölkerungsgruppe darstellen. Dazu müssten jedoch weitere

Untersuchungen stattfinden, um zu klären, ob der in Milch vorkommende Equolgehalt bereits eine Wirkung erzielen kann bzw. ob sich durch eine weitere Erhöhung der Equolkonzentration positive gesundheitliche Effekte erzielen lassen. Dabei sollte jedoch auch betrachtet werden, welche Effekte bei einer phytoöstrogenreichen Fütterung eventuell beim Tier verursacht werden.

Aufbauend auf dem Potenzial von Milch als Equolquelle, wären weitere Studien zur Übertragung von Phytoöstrogenen aus Leguminosen in Milch wünschenswert. Insbesondere wären Untersuchungen zu Phytoöstrogengehalten von häufig an Kühe verfütterten Sojaextraktionschroten von Interesse. Außerdem könnten die genauen Auswirkungen einer Silierung von Klee- und luzernehaltigem Futter auf die enthaltenden Phytoöstrogengehalte Gegenstand weiterer Studien sein. Ebenso sollte der Vermutung weiter nachgegangen werden, dass Phytoöstrogene im Wiederkäuermetabolismus einer Limitierung unterliegen, was wiederum eine limitierte Phytoöstrogenübertragung aus dem Futter in die Milch begründen würde.

### Zusammenfassung

Phytoöstrogene sind neben synthetischen Östrogenen, Xenoöstrogenen und Mykoöstrogenen exogen Hormon-aktive Substanzen mit sowohl östrogenen als auch antiöstrogenen Aktivität. Dadurch können Phytoöstrogene erwünschte und auch unerwünschte Effekte im tierischen und menschlichen Organismus bewirken. Primäre Phytoöstrogenquellen in der menschlichen Ernährung stellen pflanzliche Produkte dar. In der Tierfütterung sind insbesondere Leguminosen bedeutsame Phytoöstrogenquellen. Dabei hat die Verfütterung von Soja, insbesondere in Form von Sojaextraktionschroten in den vergangenen Jahren innerhalb der konventionellen Landwirtschaft stark an Bedeutung gewonnen. Im ökologischen Landbau werden für die Rinderfütterung überwiegend Futterleguminosen als Eiweißquelle genutzt. Sojabohnen und Rotklee weisen ähnliche Phytoöstrogenprofile auf und stellen gegenüber Weißklee und Luzerne größere Phytoöstrogenlieferanten dar, besonders für Isoflavone. Weißklee und Luzerne können bedeutsame Coumestan- und Lignan-Lieferanten sein. Die in den Pflanzen vorliegenden Phytoöstrogengehalte können durch verschiedene umwelt- und ackerbautechnische Faktoren beeinflusst werden. Es wurde in der vorliegenden Arbeit der Frage nachgegangen, ob auch Milch (und Milchprodukte) als tierisches Produkt, aufgrund vorausgegangener leguminosenhaltiger Milchviehfütterung, Phytoöstrogene enthält und ob diese in Gehalten vorliegen, die Effekte beim Menschen hervorrufen können. Es wurde herausgestellt, dass Milch-Phytoöstrogengehalte (und auch Milchprodukt-Phytoöstrogengehalte) deutlich unter Werten liegen, für die in Studien Effekte bei Mensch und Tier beobachtet werden konnten. Jedoch sind mögliche additive Effekte verschiedener Phytoöstrogenquellen nicht auszuschließen, zu denen Milch als Phytoöstrogenquelle beitragen könnte, da anders als beim Menschen, es sich beim Wiederkäuer grundsätzlich um Equolbildner handelt. Milch stellt eine potenzielle Quelle des Isoflavonmetaboliten Equol für Nicht-Equolbildner dar, dem überlegene östrogene und antioxidative Eigenschaften gegenüber anderen Phytoöstrogenen zugesprochen werden.

### Summary

#### *Phytoestrogen carryover into cow's milk from legumes – an overview along the food chain*

Phytoestrogens are hormone-like compounds with estrogen and anti-estrogen activity, with positive and negative effects on the animal and human organism. Primary sources of phytoestrogens in human nutrition are of plant origin. Legumes are the primary source of phytoestrogens in animal nutrition, with soybean meal as the main form of concentrate being fed to livestock in conventional farms. Red clover is more frequently fed to livestock in organic agriculture and, compared with white clover or alfalfa, it contains mostly isoflavones. In contrast, white clover and alfalfa show higher contents of coumestans and lignans. Beside the different phytoestrogen compounds present in forage plants, biotic and abiotic factors may contribute to variable contents. Another important aspect of phytoestrogens in animal nutrition is their ability to be transferred into milk in dairy cattle nutrition. The contents found in milk and milk products may have adverse effects for human nutrition. Literature data suggest that the contents observed in milk are low in comparison to the values which are considered as critical in studies with animals and humans. A cumulative effect from different phytoestrogen sources however cannot be excluded. Equol is basically produced by ruminants, and milk is a potential source of equol, to which stronger estrogen and antioxidative properties are attributed in comparison with other phytoestrogens.

## Résumé

### *La teneur du lait en phytoestrogènes issus des légumineuses – une étude tout au long de la chaîne d’approvisionnement*

Les phytoestrogènes sont, tout comme les estrogènes synthétiques, les xénoestrogènes et les mycoestrogènes, des substances à activité hormonale exogène capables d’exercer une activité œstrogénique ou anti-œstrogénique. Les phytoestrogènes ont donc la capacité de provoquer des effets recherchés mais également des effets non-recherchés sur l’organisme animal ou humain. Dans l’alimentation humaine, ce sont les produits végétaux qui en constituent la source principale. En ce qui concerne l’alimentation animale, ce sont notamment les légumineuses qui fournissent des phytoestrogènes ce qui explique pourquoi le soja, et notamment les remoulages de soja, revêtent une importance croissante dans l’agriculture conventionnelle pendant les dernières années. Dans le domaine de l’agriculture biologique, les légumineuses fourragères tiennent une place prépondérante en tant que source de protéines dans l’alimentation des bovins. Les graines de soja et le trèfle des prés, dont la composition de phytoestrogènes est comparable, sont plus riches en phytoestrogènes – notamment en isoflavones – que le trèfle blanc et la luzerne. En revanche, ces derniers constituent des sources importantes de coumestane et de lignane. Les quantités de phytoestrogènes contenues dans ces plantes peuvent varier en fonction de différents facteurs environnementaux ou agricoles. La présente étude avait pour objet de vérifier si une alimentation du bétail laitier constituée par des légumineuses riches en phytoestrogènes provoque une concentration de phytoestrogènes dans le lait et les produits laitiers (des produits d’origine animale) et d’analyser si cette concentration atteint un niveau susceptible de provoquer des effets sur les hommes. Il a été constaté que la concentration de phytoestrogènes dans le lait (et leur concentration dans les produits laitiers) est nettement inférieure au niveau de concentration pour lequel des effets sur le corps humain ou animal ont été observés dans les études. Toutefois, les ruminants étant normalement des producteurs d’équoles – contrairement aux hommes –, les effets additifs de plusieurs sources de phytoestrogènes en combinaison avec le lait en tant qu’une telle source de phytoestrogènes ne sauraient être exclus. Le lait constitue une source d’équol potentielle pour les non-producteurs d’équol. Cet métabolite des isoflavones possède des effets œstrogéniques et antioxydants beaucoup plus forts que chez d’autres sources de phytoestrogènes.

## Literatur

1. ADAMS, N. R., 1989: Phytoestrogens. In: CHEEKE, P. R. (ed.). Toxicants of plant origin. Vol. IV: Phenolics. CRC Press, Boca Raton, 23–51.
2. –, 1995: Detection of the effects of phytoestrogens on sheep and cattle. *Journal of Animal Science*, 73, 1509–1515.
3. ADLERCREUTZ, H.; FOTSIS, T.; BANNWART, C.; MÄKELÄ, T.; WÄHÄLÄ, K.; BRUNOW, G.; HASE, T., 1985: Assay of lignans and phytoestrogens in urine of women and in cow’s milk by GC/MS (SIM). In: TODD, J. F. J. (ed.). Advances in mass spectrometry – 1985. Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Mass Spectrometry Conference. John Wiley Chichester.
4. –; HOCKERSTEDT, K.; BANNWART, C.; BLOIGU, S.; HAMALAINEN, E.; FOTSIS, T.; OLLUS, A., 1987: Effect of dietary components, including lignans and phytoestrogens, on enterohepatic circulation and liver metabolism of estrogens and on sex hormone binding globulin (SHGB). *The Journal of Steroid Biochemistry*, 27, 1135–1144.
5. –; HONJO, H.; HIGASHI, A.; FOTSIS, T.; HAMALAINEN, E.; HASEGAWA, T.; OKADA, H., 1991: Urinary excretion of lignans and isoflavonoid phytoestrogens in Japanese men and women consuming traditional Japanese diet. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 54, 1093–1100.
6. ADZERSEN, K. H.; STROWITZKI, T., 2003a: Endokrinologie der Phytoöstrogene. Hintergrund und klinische Implikationen. *Gynäkologische Endokrinologie*, 1, 1–11 (DOI 10.1007/s10304-003-0016-7).
7. –; –, 2003b: Phytoöstrogene, welchen Effekt haben sie auf hormonmodulierte Krankheiten? *Gynäkologische Endokrinologie*, 1, 15–27.
8. AL-TAWAHA, A.; SEGUIN, P., 2006: Seeding date, row spacing, and weed effects on soybean isoflavone concentrations and other seed characteristics. *Canadian Journal of Plant Science*, 1079–1087.
9. ANDERSEN, C.; WEISBERG, M. R.; HANSEN-MØLLER, J.; SEJRSEN, K., 2009a: Effect of forage on the content of phyto-oestrogens in bovine milk. *Animal*, 3, 617–622.
10. –; NIELSEN, T.S.; PURUP, S.; KRISTENSEN, T.; ERIKSEN, J.; SØEGAARD, K.; SØRENSEN, J.; FRETTE, X.C., 2009b: Phyto-oestrogens in herbage and milk from cows grazing white clover, red clover, lucerne or chicory-rich pastures. *Animal*, 3, 1189–1195.
11. ANDERSON, R. L.; WOLF, W. J., 1995: Compositional changes in trypsin inhibitors, phytic acid, saponins and isoflavones related to soybean processing. *Journal of Nutrition*, 125, 581S–588S.

12. ANTIGNAC, J. P.; CARIOU, R.; LE BIZEC, B.; ANDRÉ, F., 2004: New data regarding phytoestrogens content in bovine milk. *Food Chemistry*, 87, 275–281.
13. ARORA, A.; NAIR, M. G.; STRASBURG, G. M., 1998: Antioxidant activities of isoflavones and their biological metabolites in a liposomal system. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 356, 133–141.
14. BARNES, S.; KIRK, M.; COWARD, L., 1994: Isoflavones and their conjugates in soy foods: extraction conditions and analysis by HPLC-mass spectrometry. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 42, 2466–2474.
15. –; SFAKIANOS, J.; COWARD, L.; KIRK, M., 1996: Soy isoflavonoids and cancer prevention. Underlying biochemical and pharmacological issues. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 401, 87–100.
16. BARRETT, J., 1996: Phytoestrogens: Friends or foes? *Environmental Health Perspectives*, 104, 478–482.
17. BENNETT, J. O.; YU, O.; HEATHERLY, L. G.; KRISHNAN, H. B., 2004: Accumulation of genistein and daidzein, soybean isoflavones implicated in promoting human health is significantly elevated by irrigation. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 52, 7574–7579.
18. BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung), 2007a: Isolierte Isoflavone sind nicht ohne Risiko. Auszug vom 19.09.2011.
19. –, 2007b: Säuglingsnahrung aus Sojaweiß ist kein Ersatz für Kuhmilchprodukte. Auszug vom 19.09.2011.
20. –, 2008: Risiken pflanzlicher Stoffe – Das Beispiel der Isoflavone. Auszug vom 12.09.2011.
21. BICKEL-SANDKÖTTER, S., 2003: Nutzpflanzen und ihre Inhaltsstoffe. Quelle & Meyer Verlag Wiebelsheim.
22. BOLLER, B., 1996: Formica, ein Mattenklee mit reduziertem Östrogengehalt. *Agrarforschung*, 10, 486–488.
23. BRADBURY, R. B.; WHITE, D. E., 1951: The chemistry of subterranean clover; Part. I. Isolation of formononetin and genistein. *Journal of the Chemical Society*, 4, 3447–3449.
24. –; –, 1954: Estrogens and related substances in plants. *Vitamines and Hormones*, 12, 207–233.
25. BRAWLEY, O. W.; KNOPF, K.; THOMPSON, I., 1998: The epidemiology of prostate cancer part II: the risk factors. *Seminars in Urologic Oncology*, 16, 193–201.
26. BRITZ, S. J.; SCHOMBURG, C. J.; KENWORTHY, W. J., 2011: Isoflavones in seeds of field-grown soybean: variation among lines and environmental effects. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 88, 827–832.
27. CALDWELL, C. R.; BRITZ, S. J.; MIRECKI, R. M., 2005: Effect of temperature, elevated carbon dioxide, and drought during seed development on the isoflavone content of dwarf soybean [(*Glycine max* L.) Merrill] grown in controlled environments. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 53, 1125–1129.
28. CANTANI, A.; LUCENTI, P., 1997: Natural history of soy allergy and /or intolerance in children and clinical use of soy protein formulas. *Pediatric Allergy Immunology*, 8, 59–74.
29. CASSIDY, A., 2006: Factors affecting the bioavailability of soy isoflavones in humans. *Journal of Association of Official Analytical Chemists*, 89, 1182–1188.
30. COS, P.; DE BRUYNE, T.; APERS, S.; VANDEN BERGHE, D.; PIETERS, L.; VLIETINCK, A. J., 2003: Phytoestrogens: recent developments. *Planta Medica*, 69, 589–599.
31. DEGEN, G. H., 2004: Endokrine Disruptoren in Lebensmitteln. *Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz*, 47, 848–856.
32. DFG SKLM (Deutsche Forschungsgemeinschaft, Ständige Senatskommission zur gesundheitlichen Bewertung von Lebensmitteln), 2006: Isoflavone als Phytoöstrogene in Nahrungsergänzungsmitteln und diätischen Lebensmitteln für besondere medizinische Zwecke. Endfassung vom 10. November 2006. Auszug vom 18.09.2011.
33. EFFENBERGER, K., 2004: Der Einfluss von Phytoöstrogenen auf Estrogenrezeptor gesteuerte Expressionsmuster in unterschiedlichen Zellpopulationen – Untersuchung potentieller pflanzlicher Alternativen zur Hormonersatztherapie in der Menopause. Universität Hamburg, Dissertation.
34. FRANKE, A. A.; CUSTER, L. J.; CERNA, C. M.; NARALA, K., 1995: Rapid HPLC analysis of dietary phytoestrogens from legumes and from human urine. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 208, 18–26.
35. FSA (Food Standard Agency), 2003: Phytoestrogens and health. *Auszug vom 02.09.2011*.
36. GAMMIE, J. S., 1974: Estrogenic activities of native and cultivated legume species. The University of British Columbia, Master Thesis.
37. HEISTERKAMP, I., 2003: Biotest-geleitete chemische Analyse östrogen wirksamer Substanzen in Oberflächengewässern. Universität Lüneburg, Dissertation.
38. HOECK, J. A.; FEHR, R. F.; MURPHY, P. A.; WELKE, G. A., 2000: Influence of genotype and environment on isoflavone contents of soybean. *Crop Science*, 40, 48–51.
39. HUGHES, C. L. jr., 1988: Phytochemical mimicry of reproductive hormones and modulation of herbivore fertility by phytoestrogens. *Environmental Health Perspectives*, 78, 171–175.

40. HUMFREY, C. D. N., 1998: Phytoestrogens and human health effects: weighing up the current evidence. *Journal of Natural Toxins*, 6, 1–59.
41. JOANNOU, G. E.; KELLY, G. E.; REEDER, A. Y.; WARING, M.; NELSON, C., 1995: A urinary profile study of dietary phytoestrogens. The identification and mode of metabolism of new isoflavonoids. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, 54, 167–184.
42. JUNGBAUER, A.; MEDIJAKOVIC, S., 2005: Phytoöstrogene in der Nahrung. *Ernährung*, 29, 406–424
43. KALLELA, K., 1975: The effect of storage on the oestrogenic effect of red clover silage. *Nordisk Veterinær Medicin*, 27, 562–569.
44. –; SAASTAMOINEN, I.; HUOKUNA, H., 1987: Variations in the content of plant oestrogens in red clover – Timothy-grass during the growing season. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 28, 255–262.
45. KOSSLAK, R. M.; BOOKLAND, R.; BARKEI, J.; RAAREN, H. E.; APPELBAUM, E. R., 1987: Induction of *Bradyrhizobium japonicum* common nod genes by isoflavones isolated from *Glycine max*. *Proceedings of the National Academy of Science*, 84, 7428–7432.
46. KRAJČOVÁ, A.; SCHULZOVÁ, V.; LOJZA, J.; KRÍŽOVÁ, L.; HAJŠLOVÁ, J., 2010: Phytoestrogens in bovine plasma and milk – LC-MS/MS analysis. *Czech Journal of Food Sciences*, 28, 264–274.
47. KRENN, L. M. 2008: Phytoöstrogene in Soja und ihre Wirkungen. *Journal für Ernährungsmedizin*, 10, 16–18.
48. KUCH, H.; BALLSCHMITER, K., 1999: Hormonell wirksame Verbindungen in der Umwelt Baden-Württembergs. *Arbeitsbericht Nr. 151. Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg, Stuttgart*.
49. KÜHNLE, G. G. C.; DELL'AQUILA, C.; ASPINALL, S. M.; RUNSWICK, S. A.; MULLIGAN, A. A.; BINGHAM, S. A., 2008: Phytoestrogen content of foods of animal origin: Dairy products, eggs, meat, fish, and seafood. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 56, 10099–10104.
50. KURZER, M. S.; XU, X., 1997: Dietary phytoestrogens. *Annual Review of Nutrition*, 17, 353–381.
51. LAROSE, G.; CHÉNEVERT, R.; MOUTOGLIS, P.; GAGNE, S.; PICHÉ, Y.; VIERHEILIG, H., 2002: Flavonoid levels in roots of *Medicago sativa* are modulated by the developmental stage of the symbiosis and the root colonizing arbuscular mycorrhizal fungus. *Journal of Plant Physiology*, 159, 1329–1339.
52. LIGHTFOOT, R. J.; WROTH, R. H., 1974: The mechanism of temporary infertility in ewes grazed on subterranean clover prior to and during joining. *Proceedings of Australian Society of Animal Production*, 10, 130–134.
53. LOEWE, S.; LANGE, F.; SPOHR, E., 1927: Über weibliche Sexualhormone (Thelytropine) *Biochemische Zeitschrift*, 180, 1–26.
54. LUNDH, T. J. O., 1995: Metabolism of estrogenic isoflavones in domestic animals. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 208, 33–39.
55. –; PETERSSON, H. I.; MARTINSSON, K. A., 1990: Comparative levels of free and conjugated plant estrogens in blood plasma of sheep and cattle fed estrogenic silage. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 38, 1530–1534.
56. MAUL, R., 2008: Metabolismus von Rotkleeisoflavononen. *Universität Hamburg, Dissertation*.
57. MAZUR, W. M.; DUKE, J. A.; WÄHÄLÄ, K.; RASKU, S.; ADLERCREUTZ, H., 1998: Isoflavonoids and lignans in legumes: Nutritional and health aspects in humans. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 9, 193–200.
58. McMURRAY, C. H.; LAIDLAW, A. S.; McELROY, M., 1986: The effect of plant development and environment on formononetin concentration in red clover (*Trifolium pratense*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 37, 333–340.
59. MILLINGTON, A. J.; FRANCIS, C. M.; McKEOWN, N. R., 1964: Wether bioassay of annual pasture legumes: II. The oestrogenic activity of nine strains of *Trifolium subterraneum* L. *Australian Journal of Agriculture Research*, 15, 527–536.
60. MOORBY, J. M.; FRASER, M. D.; THEOBALD, V. J.; WOOD, J. D.; HARESIGN, W., 2004: The effects of red clover formononetin content on live-weight gain, carcass characteristics and muscle equol content of finishing lambs. *Animal Science*, 79, 303–313.
61. MORRISON, M. J.; COBER, E. R.; SALEEM, M. F.; McLAUGHLIN, N. B.; FRÉGEAU, J.; MA, B. L.; WOODROW, L., 2010: Seasonal changes in temperature and precipitation influence isoflavone concentration in short-season soybean. *Field Crops Research*, 117, 113–21.
62. MOULE, G. R.; BRADEN, A. W. H.; LAMOND, D. R., 1963: The significance of oestrogens in pasture plants in relation to animal production. *Animal Breeding*, 32, 139–157.
63. MÜLLER-LISSNER, A., 2008: Pflanzliche Östrogene: Frei von Nebenwirkungen? *Heilberufe – Das Pflegemagazin*, 3, 40–42.
64. NEIL, H. G.; FELS, H. E.; FRANCIS, C. M., 1969: Control of clover infertility in sheep. *Journal of Agriculture of Western Australia*, 10, 275–277.
65. NILSSON, A.; HILL, J. L.; DAVIS, H. L., 1967: An in vitro study of formononetin and biochanin A metabolism in rumen fluid from sheep. *Biochemica et Biophysica Acta*, 148, 92–98.

66. PELISSERO, C.; BENNETAU, B.; BABIN, P.; LE MENN, F.; DUNOGUES, J., 1991: The estrogenic activity of certain phytoestrogens in the Siberian sturgeon *Acipenser baeri*. *Journal of Steroid Biochemistry*, 38, 293–299.
67. PATISAUL, H. B.; JEFFERSON, W., 2010: The pros and cons of phytoestrogens. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 31, 400–419.
68. POULAKIS, V.; WITZSCH, U.; BECHT, E., 2002: Prävention des Prostatakrebs durch Ernährung. *Hessisches Ärzteblatt*, 7, 395–402.
69. PRICE, K. R.; FENWICK, G. R., 1985: Naturally occurring oestrogens in foods – A review. *Food Additives & Contaminants*, 2, 73–106.
70. REINHARDT, D., 2006: Stellungnahme zur Verwendung von Säuglingsnahrung auf Sojaweißbasis. *Monatsschrift Kinderheilkunde*, 154, 913–916.
71. RITTER, W., 1978: Über die Isoflavongehalte (Formononetin, Genistein und Biochanin A) von Bodenfrüchtigem Klee (*Trifolium subterraneum*) in Nordwest-Tunesien. Universität Bonn, Dissertation.
72. ROLFE, B. G., 1988: Flavones and isoflavones as inducing substances of legume nodulation. *Biofactors*, 1, 3–10.
73. ROMANI, A.; VIGNOLINI, P.; GALARDI, C.; AROLDI, C.; VAZZANA, C.; HEIMLER, D., 2003: Polyphenolic content in different plant parts of soy cultivars grown under natural conditions. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 57, 5301–5306.
74. RÜFER, C., 2005: Bioverfügbarkeit, Metabolismus und biologische Aktivität von Isoflavonen und deren Metaboliten. Universität Karlsruhe (TH), Dissertation.
75. SALONIEMI, H.; KALLELA, K.; SAASTAMOINEN, I., 1993: Study of the phytoestrogen content of goat's rue (*Galega orientalis*), alfalfa (*Medicago sativa*) and white clover (*Trifolium repens*). *Journal of Agriculture Science in Finland*, 2, 517–524.
76. –; WÄHÄLÄ, K.; KURKI, P. N.; KALLELA, K.; SAASTAMOINEN, I., 1995: Phytoestrogen content and estrogenic effect of legume fodder. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 208, 13–17.
77. SARELLI, L.; TUORI, M.; SAASTAMOINEN, I.; SYRJÄLÄ-QVIST, L.; SALONIEMI, H., 2003: Phytoestrogen content of birdsfoot trefoil and red clover: Effects of growth stage and ensiling method. *Animal Science*, 53, 58–63.
78. SCHÖGGL, K., 2009: Das krankheitspräventive Potential der Sojabohne und ihrer Inhaltsstoffe. Universität Wien. Dissertation.
79. SCHUBIGER, F. X.; LEHMANN, J., 1994: Stoffe mit östrogenen Wirkung in Rotkleeorten. *Agrarforschung* 1, 361–363.
80. SEGUIN, P.; ZHENG, W.; SMITH, D. L.; DENG, W., 2004: Isoflavone content of soybean cultivars grown in eastern Canada. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 84, 1327–1332.
81. SETCHELL, K. D. R.; ZIMMER-NECHEMIAS, L.; CAL, J.; HEUBI, J. E., 1997: Exposure of infants to phytoestrogens from soy-based infant formula. *The Lancet*, 350, 23–27.
82. –; CASSIDY, A., 1999: Dietary Isoflavones: Biological effects and relevance to human health. *The Journal of Nutrition*, 129, 758S–767S.
83. –, 2001a: Soy isoflavones - Benefits and risks from nature's selective estrogen receptor modulators (SERMs). *Journal of the American College of Nutrition*, 20, 354–362.
84. –; BROWN, N. M.; DESAI, P.; ZIMMER-NECHEMIAS, L.; WOLFE, B. E.; BRASHEAR, W. T.; KIRSCHNER, A. S.; CASSIDY, A.; HEUBI, J. E., 2001b: Bioavailability of pure isoflavones in healthy humans and analysis of commercial soy isoflavone supplements. *Journal of Nutrition*, 131, 136–175.
85. –; LYDEKING-OLSEN, E., 2002: The clinical importance of the metabolite equol – a clue to the effectiveness of soy and its isoflavones. *Journal of Nutrition*, 132, 3577–3584.
86. SHEEHAN, D. M., 1998: Herbal medicines, phytoestrogens and toxicity: risk:benefit considerations. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 217, 379–385.
87. SIVESIND, E.; SEGUIN, P., 2005: Effects of the environment, cultivar, maturity, and preservation method on red clover isoflavone concentration. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 53, 6397–6402.
88. SMITH, J. F.; JAGUSCH, K. T.; BRUNSWICK, L. F. C.; KELLY, R. W., 1979: Coumestans in lucerne and ovulation in ewes. *New Zealand Journal of Agriculture Research*, 22, 411–416.
89. SMITH, D. A.; BANKS, S. W., 1986: Biosynthesis, elicitation and biological activity of isoflavonoid phytoalexins. *Phytochemistry*, 25, 979–995.
90. SPENGLER, P., 2001: Identifizierung und Quantifizierung von Verbindungen mit östrogenen Wirkung im Abwasser. Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft, Universität Stuttgart, Dissertation.
91. Statistisches Bundesamt, 2010: Milcherzeugung und -verwendung – Fachserie 3 Reihe 4.2.2-2009. Auszug vom 13.09.2011.
92. STEINSHAMM, H.; PURUP, S.; THUEN, E.; MÖLLER, H., 2008: Effects of clover-grass silages and concentrate supplementation on the content of phytoestrogens in dairy cow milk. *Journal of Dairy Science*, 91, 2715–2715.



93. TOPPARI, J.; LARSEN, J. C.; CHRISTIANSEN, P.; GIWERCMAN, A.; GRANDJEAN, P.; GUILLETTE L. J. jr.; JÉGOU, B.; JENSEN, T. K.; JOUANNET, P.; KEIDING, N.; LEFFERS, H.; McLACHLAN, J. A.; MEYER, O.; MÜLLER, J.; RAJPERT-DE MEYTS, E.; SCHEIKE, T.; SHARPE, R.; SUMPTER, J.; SKAKKEBAEK N. E., 1996: Male reproductive health and environmental xenoestrogens. *Environmental Health Perspectives*, 104, 741–803.
94. TRINÁCTÝ, J.; KRÍŽOZÁ, L.; SCHULZOVÁ, V.; HAJŠLOVÁ, J.; HANUŠ, O., 2009: The effect of feeding soybean-derived phytoestrogens on their concentration in plasma and milk of lactating dairy cows. *Archives of Animal Nutrition*, 63, 219–229.
95. TSOUROUNIS, C., 2001: Clinical effects of phytoestrogens. *Clinical Obstetrics and Gynecology*, 44, 836–842.
96. TSUKAMOTO, C.; SHIMADA, S.; IGITA, K.; KUDOU, S.; KOKUBUN, M.; OKUBO K.; KITAMURA, K., 1995: Factors affecting isoflavone content in soybean seeds: Changes in isoflavones, saponines and composition of fatty acids at different temperatures during seed development. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 43, 1184–1192.
97. VETTER, J., 1995: Isoflavones in different parts of common trifolium species. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 43, 106–108.
98. WAGHORN, G. C.; ADAMS, N. R.; WOODFIELD, D. R., 2002: Deleterious substances in grazed pastures. In: FREER, M., DOVE, H. (ed.) *Sheep Nutrition*. Wallingford, Oxon: CAB International, 333–356.
99. –; McNABB, W. C., 2003: Consequences of plant phenolic compounds for productivity and health of ruminants. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62, 383–392.
100. WANG, H.; MURPHY, P. A., 1994a: Isoflavone content in commercial soybean foods. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 42, 1666–1673.
101. –; –, 1994b: Isoflavone composition of American and Japanese soybeans in Iowa: Effects of variety, crop year, and location. *Journal of Agriculture and Crop Science*, 42, 1674–1677.
102. WINTER, P. M., 2006: Untersuchungen zur Optimierung und Nutzung eines Reporterassays für die Bestimmung östrogenen Aktivität in Futtermitteln für Schweine unter besonderer Berücksichtigung der Phytoöstrogene aus Soja. Tierärztl. Hochsch. Hannover, Dissertation.
103. WOCLAWEK-POTOCKA, I.; BAH, M. M.; KORZEKWA, A.; PISKULA, M. K.; WICZKOWSKI, W.; DEPTA, A.; SKARZYNSKI, D. J., 2005: Soybean-derived phytoestrogens regulate prostaglandin secretion in endometrium during cattle estrous cycle and early pregnancy. *Experimental Biology and Medicine*, 230, 189–199.
104. –; PISKULA, M. K.; BAH, M. M.; SIEMIENIUCH, M. J.; KORZEKWA, A.; BRZEZICKA, E.; SKARYNSKI, D. J., 2008: Concentrations of isoflavones and their metabolites in the blood of pregnant and non-pregnant heifers fed soy bean. *Journal of Reproduction and Development*, 54, 358–363.
105. WOLTERS, M.; HAHN, A., 2004: Sojaisoflavone – ein Therapeutikum gegen menopausale Beschwerden? *Wiener Medizinische Wochenschrift*, 154, 334–341.
106. WONG, E.; FLUX, D. S.; LATCH, G. C. M., 1971: The oestrogenic activity of white clover (*Trifolium repens* L.). *New Zealand Journal of Agriculture Research*, 14, 639–645.
107. WU, Q.; WANG, M.; SIMON, J. E., 2003: Determination of isoflavones in red clover and related species by high performance liquid chromatography combined with ultraviolet and mass spectrometric detection. *Journal of Chromatography A*, 1016, 195–209.
108. –; –, 2004: Analytical methods to determine phytoestrogenic compounds. *Journal of Chromatography B*, 812, 325–55.
109. YILDIZ, F., 2006: *Phytoestrogens in functional foods*. Taylor & Francis Boca Raton.
110. ZOPPI, G.; GEROSA, F.; PEZZINI, A.; BASSANI, N.; RIZZOTTI, P.; BELLINI, P.; TODESCHINI, G.; ZAMBONI, G.; VAZZOLER, G.; TRIDENTE, G., 1982: Immunocompetence and dietary protein intake in early infancy. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 1, 175–82.

**Autorenanschrift:** B.Sc. MIRJAM KOCH und PD. Dr. MARTIN GIERUS, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Christian Albrechts Universität zu Kiel, Hermann Rodewald Str. 9, 24118 Kiel, Deutschland  
mgierus@email.uni-kiel.de

Dir. und Prof. Dr. HARTWIG SCHULZ, Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für ökologische Chemie, Pflanzenanalytik und Vorratsschutz, Königin-Luise-Strasse 19, 14195 Berlin, Deutschland

hartwig.schulz@jki.bund.de

## Vor- und Nachteile der Kreuzungszucht bei Milchkühen, unter besonderer Berücksichtigung der Holstein-Rinder

Von WILFRIED BRADE, Hannover/Dummerstorf

### 1 Einleitung

Die Geschichte zahlreicher Rinderrassen ist dadurch geprägt, dass sich – in mehr oder weniger langen Abständen – Phasen der Reinzucht mit Phasen der Kreuzungszucht abwechseln. Oft war die abnehmende Konkurrenzfähigkeit der (vorhandenen) Rasse der Grund einer Kreuzung (z. B. Einkreuzung nordamerikanischer Holsteins in das ostfriesisch-holländische Schwarzbuntrind oder von Brown Swiss in das Braunvieh ab Ende der 1960er-Jahre). Dies bedeutete jedoch meist auch: Korrektur des Zuchtzieles und schnelle Anpassung an veränderte wirtschaftliche Rahmenbedingungen (5).

Zwischenzeitlich wurden zahlreiche weitere Kreuzungsexperimente initiiert bzw. Praxisdaten gezielt ausgewertet (vgl. 2; 3; 4; 6; 11; 12; 13; 14; 15; 17).

Was bleibt aus diesen vielfältigen Experimenten für die aktuelle Züchtungspraxis bei Milchrindern zusammenfassend festzuhalten?

### 2 Theoretische Grundlagen

Unter Kreuzung versteht man die Paarung von Tieren verschiedener Rassen. Es gibt verschiedene Gründe für eine Kreuzungszucht:

- I. Kombination von Eigenschaften, die in verschiedenen Rassen unterschiedlich vorteilhaft ausgeprägt sind (Kombinationseffekt)
- II. Ausnutzung von Heterosiseffekten bzw. weiteren Kreuzungseffekten.

Von Heterosis wird gesprochen, wenn die Leistung der F1-Nachkommen vom zugehörigen Mittel der beiden Elternpopulationen abweicht (Abb. 1). Sie hängt von den *Allelfrequenzdifferenzen* in den Ausgangspopulationen (= Rassendifferenziertheit) sowie dem Vorhandensein *nichtadditiver Genwirkungen* (z. B. Dominanz) an den beteiligten Genorten ab.

Konsequenz: *Heterosis ist somit für jede Kreuzung spezifisch und gleichzeitig merkmalsabhängig!*

Zu vermerken bleibt: In der F1-Generation kann der Heterosiseffekt voll genutzt werden. Aber auch in der R1- oder F2-Generation bleibt ein Teil des Heterosiseffektes erhalten (vgl. Tab. 1).

**Tabelle 1. Anteil der additiven Genwirkung, des Heterosis- bzw. Rekombinationseffektes in verschiedenen Kreuzungsstufen**

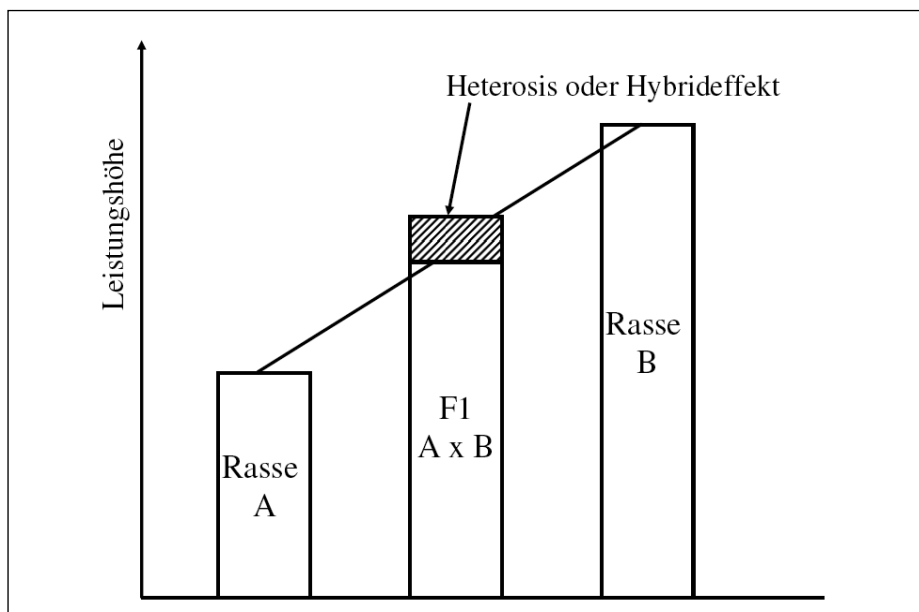
Rasse/Kombination	Genanteil der Fremdpopulation	% - Anteil		
		additiv ( $\Delta g$ )	Heterosis	Rekombination
Population A	0	0	0	0
Fremdpopulation (B)	100	100	0	0
F1 (= B x A)	50	50	100	0
F2 (= F1 x F1)	50	50	50	50
R1 (= A x F1)	25	25	50	25
R1* (= B x R1)	75	75	50	25

Bezüglich der Bedeutung der Heterosis in Verbindung mit unterschiedlichen Umweltbedingungen bleibt hier zusätzlich anzumerken (7):

- die Höhe des Heterosiseffektes ist umweltabhängig (= häufig verhältnismäßig höhere Heterosis in „schlechteren“ Umwelten),
- Heterosis scheint sich mit zunehmendem Stress zu verstärken.

In Rückkreuzungen bzw. F1-Verpaarungen ist neben der abnehmenden Heterosiswirkung noch ein *Rekombinationseffekt* wirksam (vgl. Tab. 1 und Abb. 2). Er basiert auf dem Verlust günstiger Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Genorten (= Epistasie).

Diesbezüglich bleibt erwähnenswert: In Reinzuchtpopulationen wird durch die gerichtete Selektion nicht nur die Häufigkeit vorteilhafter Gene (konkreter: Allele) erhöht, sondern es werden auch *günstige epistatische Genkombinationen* (= Gen-Gen-Interaktionen)



**Abb. 1.** Individuelle Heterosis (= Leistung der F1 gegenüber der mittleren Leistung der beiden Eltern)

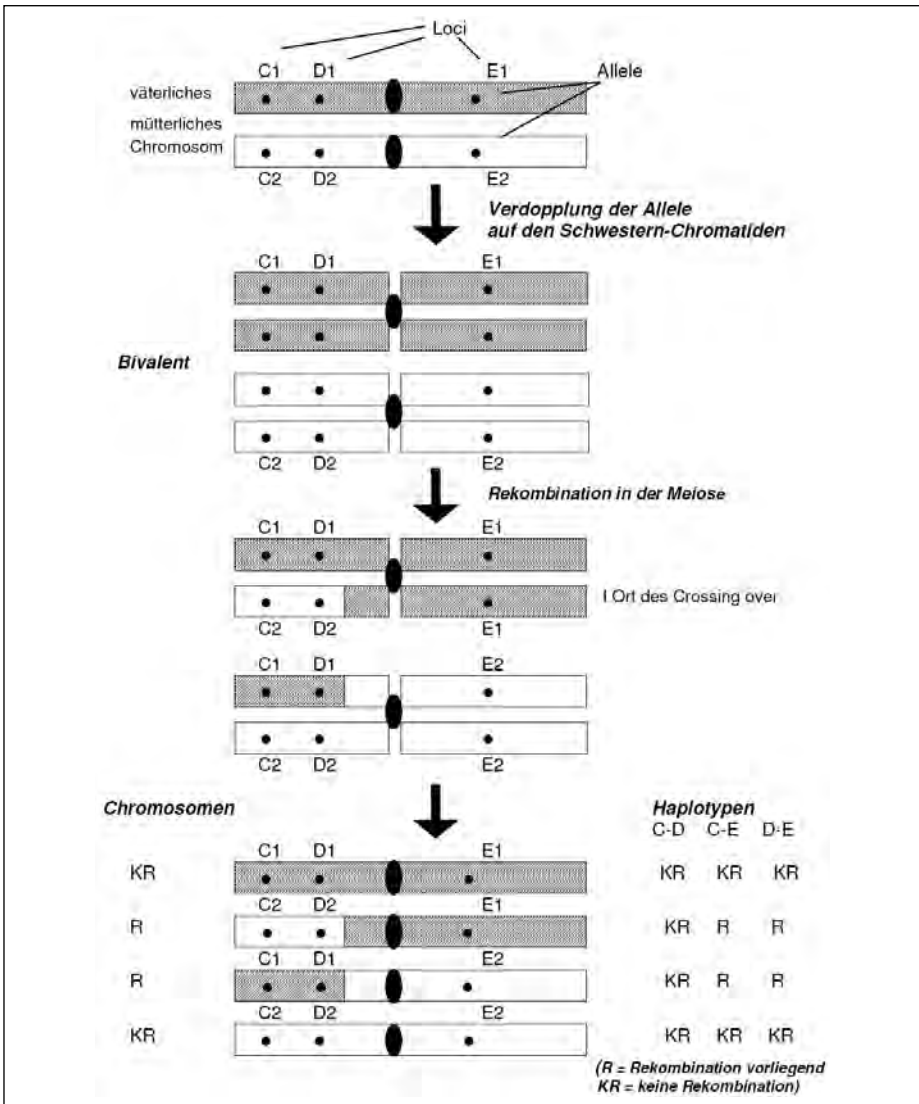


Abb. 2. Schematische Darstellung der Rekombination von Genen in der Meiose

angereichert. In Kreuzungen werden durch die gametische Rekombination – nach regelmäßigem Crossing-over im Rahmen der Weitergabe der Erbanlagen – vorliegende vorteilhafte Genkombinationen wiederum z. T. zerstört (vgl. Abb. 2).

Der bovine Karyotyp (= nukleäre Chromosomenausstattung) besteht aus 60 Chromosomen: 58 Chromosomen liegen als homologe Paare vor (je eines von jedem Elter). Darüber hinaus besitzt jedes weibliche Rind zwei X-Chromosomen in jeder Zelle. Jedes männliche Tier ein X- und ein Y-Chromosom.

Die reifen Keimzellen (Spermien/Eizelle) enthalten jedoch immer nur einen einfachen (= haploiden) Chromosomensatz, da sich sonst die Genomgröße in jeder Generation verdoppeln würde.

Die Keimzelleitung, die Mitose, ist mit einem zufälligen Trennen und Rekombinieren homologer Chromosomen verbunden (vgl. Abb. 2).

Während der Meiose (exakt: Meiose I) repliziert sich der diploide Chromosomensatz in den „Vorläuferzellen“ der reifen Keimzellen, wobei sich die Schwesterchromatiden nicht trennen. Es entstehen sogenannte Bivalente, d. h. Paarungskonfigurationen von zwei homologen Chromosomen.

Durch Crossing-over werden homologe Abschnitte zwischen Nichtschwesternchromatiden ausgetauscht (Abb. 2). In der sich anschließenden Meiose II trennen sich die Schwesterchromatiden wieder. Es entstehen unterschiedliche Keimzellen (mit jeweils 30 Chromosomen des Rindes). Im Ergebnis des meiotischen Crossing-over entstehen somit neue Haplotypen.

Für das gewählte Beispiel in Abb. 2 erhalten zwei Keimzellen (= 50 %) eines der beiden neuen Haplotypen (hier: C2D2E1 bzw. C1D1E2), in den beiden anderen Keimzellen befinden sich die ursprünglichen Haplotypen (C1D1E1 oder C2D2E2).

Die Rekombination, der Austausch von genetischem Material im Rahmen der Meiose, tritt umso häufiger auf, je weiter zwei Genloci auf demselben Chromosom auseinanderliegen. Mit anderen Worten: Je näher zwei interessierende Genabschnitte auf demselben Chromosom lokalisiert sind, desto häufiger werden sie gemeinsam (= gekoppelt) vererbt (vgl. Abb. 2).

Das „Aufbrechen“ günstiger Allelkombinationen mit einer daraus resultierenden Leistungsminderung wird auch als *Rekombinationsverlust* bezeichnet.

Der US-amerikanische Tierzucht-Professor G. DICKERSON (8; 9) hat deshalb frühzeitig eine (vereinfachte) Kalkulationsgrundlage für die Erfassung dieses Faktors in Kreuzungszuchtprogrammen vorgeschlagen:  $2 * F2 - (F1 + (P1 + P2) / 2)$ , d. h. die Leistungen in der F2 werden denjenigen der beiden Eltern-Populationen (= P1, P2) *und* der F1 gegenübergestellt. Empfehlungen zur Kreuzung im Vergleich zur Reinzucht erfordern somit zuverlässige Kenntnisse über mindestens folgende drei Kenngrößen:

- I. Höhe der merkmalspezifischen Rassendifferenzen (= additive genetische Rassendifferenzen)
- II. Höhe der merkmalspezifischen Heterosis (= individuelle bzw. maternale Heterosis etc.)
- III. Höhe weiterer Kreuzungsparameter (= Rekombinationsverlust).

Differenzierte Heterosiseffekte und Rekombinationsverluste – in verschiedenen Kreuzungen bzw. bei unterschiedlichen Merkmalen – sind zahlreich belegt (7; 10; 15; 17).

### 3 Praktische Ergebnisse

#### 3.1 Intensive Milchproduktionssysteme unter Verwendung spezialisierter Milchrinderrassen

Aktuelle Situation: Das Holstein-Rind ist in der erzeugten Menge an Milcheiweiß pro Kuh und Laktation allen anderen Milchrinderrassen deutlich überlegen. Weitere Vorteile sind die hervorragende Melkbarkeit oder die Euteraufhängung. Weniger vorteilhaft ist das Holstein-Rind speziell in der Fruchtbarkeit oder in den Abkalbmerkmalen (Anteil Tot- bzw. Schweregeburten); Merkmale mit generell niedriger Erblichkeit.

Die Überlegenheit der Holsteins gegenüber anderen Milchrinderrassen (Schwedische Rote, Jerseys etc.) in der Milchleistung ist so hoch, dass selbst F1-Kreuzungen – trotz eines zusätzlichen Heterosiseffektes (zwischen 3–6 %) – selten das Niveau der reinrassigen Holsteins dauerhaft über mehrere Laktationen übertreffen (vgl. Abb. 3 und 4).

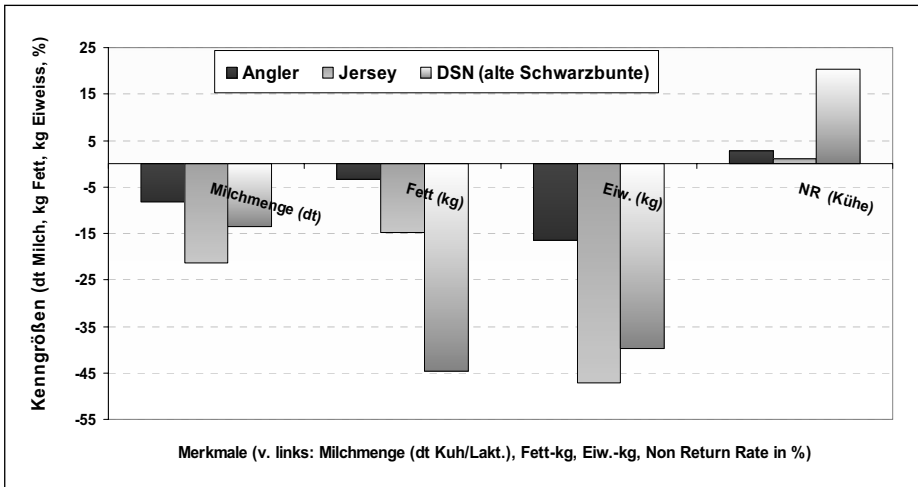


Abb. 3. Aktuelle Rassendifferenzen zwischen reinrassigen Holsteins und anderen Milchrinderrassen in der Milchleistung bzw. Fruchtbarkeit (hier: Non Return Rate (NR) in % bei Kühen)

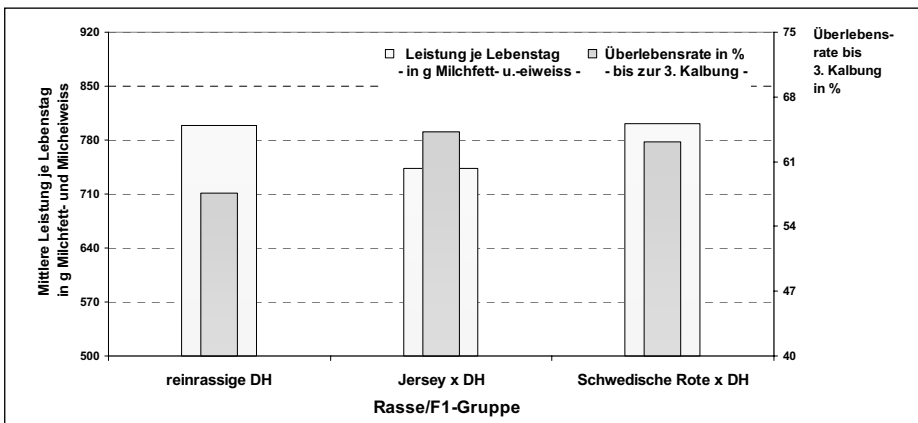


Abb. 4. Milchleistungen je Lebenstag von F1-Kühen gegenüber reinrassigen Deutschen Holsteins; Auswertung unter Berücksichtigung der ersten drei Laktationen

Beispielsweise sind aktuell die reinrassigen Jerseys den reinrassigen Holsteins im Mittel um mehr als 2100 kg Milch/Kuh/Laktation ( $\geq 21$  dt Milch) bzw. um über 45 kg Milcheiweiß/Kuh/Laktation unterlegen (vgl. Abb. 3).

Trotz etwas vorteilhaftere Überlebensraten der F1-Tiere – in Summe über mehrere Laktationen – übertreffen sie kaum die mittleren Lebensleistungen (Milch) reinrassiger Holsteinstallgefährtninnen (vgl. „Milchleistung je Lebenstag“ in Abb. 4).

Gleichzeitig zeigten die Kreuzungen der Holsteins mit Jerseybullen oder mit Skandinavischen Roten bessere Fruchtbarkeits- und Abkalbmerkmale (3; 6). Speziell die Jerseykreuzungen zeigten einen günstigeren Kalbeverlauf und eine geringere Totgeburtenrate (vgl. Tab. 2 und 3)

**Tabelle 2. LSQ-Mittel ( $\bar{x}_{LSQ}$ ) für maternale Abkalbemerkmale<sup>1)</sup> in der Jersey-F1-Kreuzung (J x DH) gegenüber reinrassigen Deutschen Holsteins (DH)**

Kenngröße/Merkmal	Mittelwerte <sup>2)</sup> ( $\bar{x}_{LSQ}$ )		Signifikanz
	F1-Tiere (J x DH)	Reinzucht (DH)	
Kalbeverlauf (0/1) (0 = leicht/normal, 1 = schwer)	0,5 %	3,4 %	**
Totgeburtenrate (0/1) (0 = lebend, 1 = tot)	6,9 %	10,5 %	**

<sup>1)</sup> nur Anpaarungen mit Holsteinbullen berücksichtigt

<sup>2)</sup> berücksichtigte Einflussgröße in Modell: Herde, Kalbejahr x Kalbemonat, Rasse, Rast

Quelle: nach (6)

**Tabelle 3. LSQ-Mittel ( $\bar{x}_{LSQ}$ ) für die maternale Fruchtbarkeit der Jersey-F1-Kreuzung gegenüber Holsteins**

Kenngröße/Merkmal	Mittelwerte <sup>1)</sup> ( $\bar{x}_{LSQ}$ )		Signifikanz
	F1-Tiere (J x DH)	Reinzucht (DH)	
Rastzeit (Tage)	76,3	84,5	***
Verzögerungszeit (Tage)	29,9	36,7	**
Güstzeit (Tage)	105,1	120,3	***
Non-Return-Rate 56 (%)	59,5	57,9	n. s.
Zwischenkalbezeit (Tage)	385,3	400,5	***

Anm.: <sup>1)</sup> berücksichtigte Einflussgrößen im Modell: Herde, Kalbejahr x Kalbemonat, Rasse

Quelle: nach (6)

Auf der Suche nach einem möglichen Kreuzungspartner für Deutsche Holsteins (DH), die sich aufgrund der überragenden Milchleistungsveranlagung dieser Rasse *nicht leicht gestaltet*, wurde auch das moderne Deutsche Braunvieh (BV) in einem weiteren Kreuzungsversuch getestet (11). Als Gründe für die Auswahl des Braunviehs sind zu nennen:

- die bemerkenswert hohe Milchleistungsveranlagung des modernen BV im Vergleich zu anderen Nicht-Holstein-Rassen,
- der hohe Milcheiweißgehalt verbunden mit einer vorzüglichen Eiweißzusammensetzung (= hoher Kappa-Kasein BB-Anteil).

In der Tabelle 4 sind zunächst die Ergebnisse der Milchleistung in der 1. Laktation – getrennt für die Leistung innerhalb der ersten 305 Tage sowie in der Gesamtlaktation – zusammengestellt.

Die F1-Tiere aus der Verpaarung BV x DH gaben – im Vergleich zu den reinrassigen Deutschen Holsteins (DH) – ca. 465 kg Milch (innerhalb der ersten 305 Melktage) weniger. Bedingt durch den höheren Fettgehalt (+0,16 % Fett) und höherem Eiweißgehalt (+0,18 % Eiweiß) sind die Unterschiede in der erzeugten Milchfett- und Eiweißmenge jedoch deutlich geringer (Tab. 4).

Wertet man die erbrachte Gesamtleistung in der 1. Laktation aus, sind die Unterschiede zwischen den beiden Kuhgruppen – infolge einer deutlich längeren Laktationsdauer bei den DH-Tieren (+15,4 Tage) – größer. In der 2. Laktation zeigt sich ein sehr ähnliches

Bild. Auch hier wurde eine Unterlegenheit der F1 Tiere beim Merkmal Milchmenge (-625 kg) gegenüber den reinrassigen DH-Kühen beobachtet (Tab. 5).

Gleichzeitig bleibt zu vermerken, dass der Leistungsanstieg in der Milchmenge von der 1. zur 2. Laktation bei den DH-Tieren größer als in der F1-Gruppe ist (Tab. 6). Eine unterschiedlich lange Laktationsdauer in den beiden Kuhgruppen wird bei gezielter Auswertung der Zwischenkalbezeit (ZKZ) verständlich (Tab. 6).

**Tabelle 4. Ergebnisse für die Milchleistung in der 1. Laktation (LSQ-Mittelwerte)**

Rasse/ Herkunft	Tierzahl	Leistungen in den ersten 305 Melktagen*				in der gesamten 1. Laktation**			
	(n)	Melk- tage	kg- Milch	kg- Fett	kg-Ei- weiß	Melk- tage	kg- Milch	kg- Fett	kg- Eiweiß
DH	383	296,9	8 774,7	353,0	297,0	335,4	9 679,5	393,7	330,2
BV x DH	78	298,0	8 309,7	347,3	295,9	320,0	8 798,1	369,7	314,7
Signifikanz		n. s.	*	n. s.	n. s.		*	n. s.	n. s.

\* nur Tiere ausgewertet, die mindestens 170 Melktage erreichten

\*\* nur Tiere ausgewertet, die mindestens 170 Melktage erreichten; höchstens aber 500 Tage gemolken wurden

Quelle: (11)

**Tabelle 5. Ergebnisse für die Milchleistung in der 2. Laktation**

Rasse/Herkunft	Tierzahl	in der gesamten 2. Laktation			
	(n)	Melktage	kg-Milch	kg-Fett	kg-Eiweiß
DH	271	331,6	10 868,1	447,4	373,2
BV x DH	61	315,9	10 061,4	437,4	358,9

Quelle: (11)

**Tabelle 6. Weitere funktionelle Merkmale für die Kreuzung BV x DH**

Merkmal	Rasse/Herkunft		Signifikanz
	DH	BV x DH	
Zwischenkalbezeit 1./2. Lakt. (in Tagen), ZKZ	389,6	378,1	n. s.
%-Anteil Abgänge in der 1. und 2. Laktation*	44,4	40,2	n. s.

\* nur erfasst bis 365 Tage nach 2. Abkalbung

Quelle: (11)

Die ZKZ ist bei den Braunvieh-F1-Tieren etwas kürzer. Dies kann gleichzeitig als Beleg für eine etwas bessere Fruchtbarkeit der F1-Tiere im Vergleich zu den DH-Kühen gewertet werden. Gleichzeitig sind die Abgangsraten der F1-Kühe während des Gesamt-Untersuchungszeitraumes (1. und 2. Laktation) etwas geringer. Die Unterschiede sind jedoch infolge des begrenzten Datenmaterials nicht signifikant.



Bezüglich der weiteren Beurteilung der bisher dargestellten Ergebnisse kommt erschwerend hinzu, dass eine ausschließliche Bewertung der Leistung von F1-Kühen (gegenüber reinrassigen Holsteins) nicht ausreichend ist, da – aufgrund der begrenzten Reproduktionsfähigkeit des weiblichen Rindes – regelmäßig mit Kreuzungstieren in der Milcherzeugung weiter gearbeitet werden muss und sich somit zusätzliche Rekombinationsverluste einstellen (vgl. Tab. 1).

Die Frage, die sich nun stellt, lautet: Wie bedeutungsvoll sind zugehörige Rekombinationsverluste in nachfolgenden Kreuzungsstufen?

Eigene Untersuchungen zeigen, dass der Rekombinationsverlust – in späteren Kreuzungsstufen – den vorteilhaften Heterosiseffekt vollständig „auffressen“ kann (vgl. Tab. 7).

**Tabelle 7. Beobachtete Kreuzungsparameter bzgl. der Verpaarung von Holsteins mit Dänische Jerseys; Beispiel: Milchfettmenge in der 1. Laktation**

Kenngröße	Heterosiszuwachs	Rekombinationsverlust (r)
absolut	7,2 kg	-8,1 kg
relativ <sup>1)</sup>	4,49 %	-5,05 %

Anm.: <sup>1)</sup> in % der zugehörigen Reinzuchtmittel

Zusätzlich bleiben Rekombinationsverluste verständlicherweise nicht nur auf den Milchleistungsmerkmalen beschränkt (vgl. hier auch Abb. 6 und 7 im nachfolgendem Abschnitt).

*Als Zwischenfazit bleibt festzuhalten: Unter intensiven Milchproduktionssystemen – basierend auf Holstein-Rinder – empfehlen sich Jerseyeinkreuzungen oder Kreuzungen mit anderen Milchrinderrassen (z. B. Skandinavische Rote, Braunvieh u. a.) nur bedingt. Sie sind geeignet, kurzfristig ausgewählte Fitness-Merkmale (z. B. Abkalbemerkmale, Fruchtbarkeit) zu verbessern. Sie sind kaum geeignet, die Lebensleistung der Milchkühe (speziell: Milcheiweißleistung) kontinuierlich im Generationsverlauf zu erhöhen.*

### 3.2 Produktionssysteme mit spezifischer Beachtung der Fleischleistung

Unter speziellen einzelbetrieblichen Bedingungen (z. B. hohe Verkaufserlöse für Bullenkälber und Schlachtkühe, Betriebe mit Direktvermarktung von Rindfleisch, Biobetriebe etc.), deren Einkommen nicht einseitig aus einer intensiven Milcherzeugung resultiert sondern aus einer Kombination aus Milch- und Fleischverkauf, kann die Kreuzung zwischen Holstein und Fleckvieh eine Alternative sein.

Eigene, aktuelle Versuchsanstellungen zeigen eine bemerkenswert hohe Milchleistung der Kreuzungstiere; einschl. gleichzeitig weiterer Verbesserungen ausgewählter Fitnessmerkmale (Tab. 8 bis 10).

Tabelle 8. Übersicht über das vorhandene Datenmaterial

Rasse/Herkunft des Tieres selbst	Rasse/ Eltern	Anzahl Tiere mit 1. Lakt.
Schwarzbunt, Holstein	Schwarzbunt, Holstein (beide Eltern)	4 144
Rotbunt, Holstein	Rotbunte Holsteins (beide Eltern)	1 456
F1-Kuh (Mutter: Schwarzbunte Holstein-Kuh)	Vater: Fleckvieh (Mutter: Schwarzbunt)	783
F1-Kuh (Mutter: Rotbunte Holstein-Kuh)	Vater: Fleckvieh (Mutter: Rotbunt)	363

Quelle: (4)

Tabelle 9. Mittlere Milchleistungen in den ersten 305 Tagen der 1. Laktation\*

Rasse/Herkunft der Kuh selbst	Mittlere Melktage	kg-Milch		kg-Fett		kg-Eiweiß	
		$\bar{x}_{LSQ}$	s	$\bar{x}_{LSQ}$	s	$\bar{x}_{LSQ}$	s
Schwarzbunt, Holstein	301,3	7 037,8	29,5	285,0	1,2	235,6	0,9
Rotbunt, Holstein	300,6	6 619,2	41,8	276,4	1,6	222,8	1,3
F1-Kuh (Mutter: Schwarzbunt)	299,1	6 728,8	49,1	278,8	1,9	231,3	1,6
F1-Kuh (Mutter: Rotbunt)	299,3	6 545,3	70,6	275,4	2,8	223,8	2,2

\* nur Tiere ausgewertet, die mindestens 250 Melktage erreichen

Quelle: (4)

Tabelle 10. Fruchtbarkeitsdaten in der ersten Laktation

Rasse/Herkunft der Kuh selbst	Kenngröße			
	Rastzeit (Tage) <sup>1)</sup>		ZKZ (Tage) <sup>2)</sup>	
	$\bar{x}_{LSQ}$	s	$\bar{x}_{LSQ}$	s
Schwarzbunt, Holstein	78,2	1,0	394,4	2,0
Rotbunt, Holstein	76,8	1,3	392,5	2,6
F1-Kuh (Mutter: Schwarzbunt)	70,3	1,8	374,1	3,7
F1-Kuh (Mutter: Rotbunt)	75,3	2,1	383,4	4,3

<sup>1)</sup> Zeit zwischen 1. Abkalbung bis zur ersten Belegung nach 1. Abkalbung

<sup>2)</sup> Zeit zwischen 1. und 2. Abkalbung

Quelle: (4)

Wie zu erwarten war, bestätigen Untersuchungen zur Mastleistung die diesbezüglichen Vorteile der Kreuzung (FL x DH) gegenüber den reinrassigen Holsteins (Abb. 5).

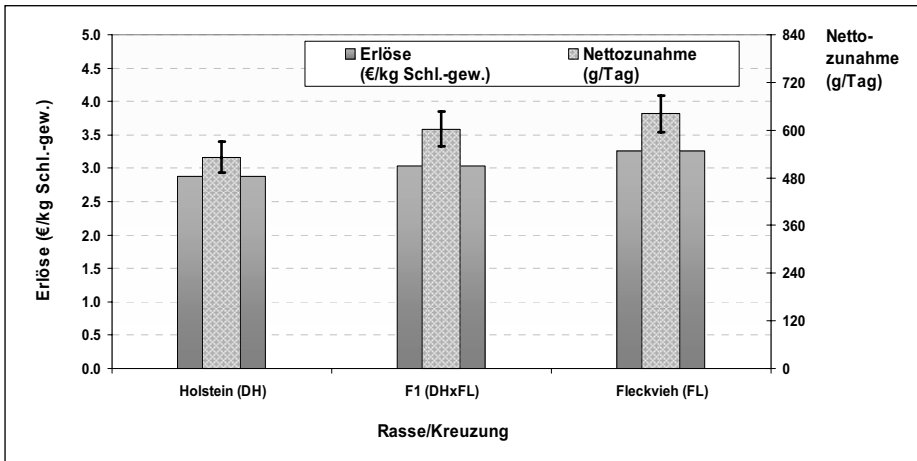


Abb. 5. Ergebnisse aus der Bullenmast

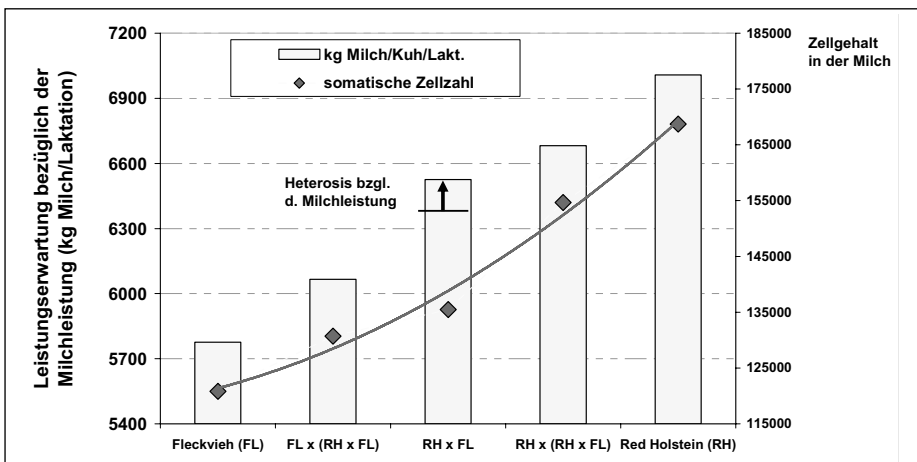


Abb. 6. Milchleistung und Zellgehalt verschiedener Kreuzungsstufen bezüglich der Verpaarung Red Holstein mal Fleckvieh

Quelle: Abbildung erstellt nach Ergebnissen von (10)

Umfassende zusätzliche Auswertungen zum Rekombinationsverlust in späteren Kreuzungsgenerationen lassen klar erkennen, dass dieser Effekt auch bei Fleckvieh x Holstein-Kreuzungen zu beobachten ist (Abb. 6 und 7)

Die weiteren Eigenschaften der Rückkreuzungen sind zudem davon abhängig, welcher Paarungspartner für die F1 gewählt wurde (vgl. Abb. 6 und 7).

Insgesamt verdeutlichen auch diese Resultate, dass mittels Kreuzung vergleichsweise schnell gezielt auf nachlassende Fitness-Eigenschaften (z. B. Fruchtbarkeit) betriebsindividuell – bei Akzeptanz etwas nachlassender Milchleistungen – reagiert werden kann.

Da das Fleckvieh konsequent – in Süddeutschland, Alpenregion – umfassend züchterisch bearbeitet und damit in Reinzucht gezielt in Kombination Milch/Fitness/Fleisch weiterentwickelt wird, darf erwartet werden, dass auch bei künftiger Zunahme von Anpaar-

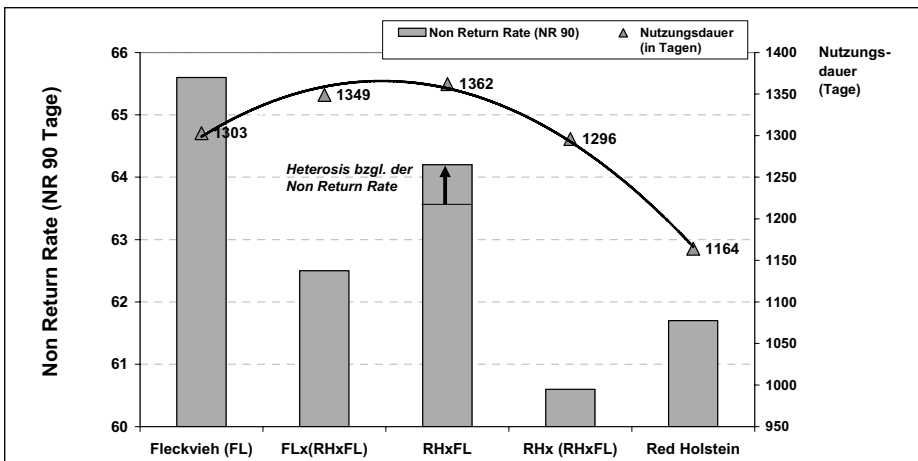


Abb. 7. Fruchtbarkeit und Nutzungsdauer verschiedener Kreuzungsstufen „Fleckvieh mal Holstein“  
 Quelle: Abbildung erstellt nach Ergebnissen von (10)

rungsplanungen auf genomischer Grundlage (= tierindividuelle Auswahl der Paarungspartner aufgrund molekulargenetischer Informationen), Fleckviehkreuzungen einzelbetrieblich interessant bleiben dürften.

## 7 Diskussion

Die deutliche Überlegenheit der Holstein-Rinder in der Milchleistung – speziell unter intensiven Bedingungen – im Vergleich zu anderen Milchrinderrassen (Skandinavische Rote, Jersey etc.) lässt aktuell keine Kreuzungskombination erwarten, die die Milchleistung reinrassiger Holsteinkühe dauerhaft – über mehrere Generationen betrachtet – übertrifft.

Kurzfristig sind, wenn überhaupt, nur ausgewählte Fitness-Eigenschaften (z. B. Fruchtbarkeit, Abkalbeeigenschaften) bzw. die Fleischleistung (Fleckvieh) mittels Kreuzung positiv zu beeinflussen.

Es sind somit einerseits nur in solchen (weniger intensiven) Produktionssystemen mit sehr hohen Anforderungen z. B. an die Fruchtbarkeit der Milchkühe regelmäßige Rassenkreuzungen zu erwarten. Beispielsweise erfordert die maximale Weidenutzung (= Grasaufwuchs) eine saisonale Abkalbung und damit eine erneute, problemlose Abkalbung der Milchkühe innerhalb ca. eines Jahres (Vergleiche: Neuseeländische oder Irische Bedingungen).

Andererseits bietet speziell die Fleckviehkreuzung zusätzlich die Möglichkeit, die Fleischleistung von Holsteinrindern – bei regelmäßiger Weiternutzung weiblicher Tiere zur Milcherzeugung (im Gegensatz zur Anpaarung spezialisierter Fleischrinderrassen) – kurzfristig zu verbessern.

Bei Überlegungen zur Kreuzungszucht reicht die Bewertung der F1-Tiere nicht aus, da mit Rekombinationsverlusten in späteren Kreuzungsstufen regelmäßig zu rechnen ist.

Nachteilige Entwicklungen im früheren SMR-Zuchtprogramm (= Leistungsrückgang mit Beginn der In-Sich-Züchtung) dürfen hier zusätzlich als Bestätigung dieses Faktus gewertet werden (SMR = *Schwarzbuntes Milchrind in der ehemaligen DDR; resultierend aus einer Kreuzung des alten ostfriesisch-holländisch Schwarzbuntrindes (DSN) mit Dänischen Jerseys und Friesians in der früheren DDR* – vgl. (5)).

Detaillierte Auswertungen des SMR-Zuchtprogramms in der ehemaligen DDR belegten das Vorhandensein signifikanter Rekombinationsverluste; speziell in der Phase der In-Sich-Züchtung des SMR (Tab. 11).

Bereits (16) zeigte beispielsweise, dass mit Beginn der In-Sich-Züchtung innerhalb des ehemaligen SMR eine Leistungsabnahme von -153 kg Milch bzw. -8 kg Milcheiweiß zu beobachten war (vgl. Tab. 11).

**Tabelle 11. Laktationsleistungen (1. Lakt.) im Dummerstorfer Heterosisfeldversuch (SMR)**

Rasse/Kreuzungsgruppe	Code*	Tierzahl	Milch	Fett	Eiw.	Fett	Eiw.
		n	kg*	kg*	kg*	%*	%*
DSN	01	1 132	3 664	138	121	3,80	3,28
$F_{1,GT18} [= DJ \times DSN]$	18	5 674	3 310	147	118	4,45	3,51
$F_2 = F_{1,GT18} \times F_{1,GT18}$	18 x 18	497	3 021	132	104	4,40	3,45
$SMR_{1,GT30} = HF \times F1_{[DJ \times DSN]}$	30	6 637	3 596	143	123	3,98	3,33
$SMR_{2,GT30} = SMR_1 \times SMR_1$	30 x 30	2 844	3 443	138	115	4,02	3,29
$F_{[IHF \times DS]}$	13	863	3 806	144	125	3,82	3,27

\*SMR = Schwarzbuntes Milchrind der DDR (EDV-Schlüssel-Nr/Code in der DDR: GT 30)

Quelle: (16)

Fragt man nach der künftigen Bedeutung von Rassenkreuzungen, ist eine weitere Zunahme nicht auszuschließen. Entscheidend wird sein, inwieweit es den Holstein-Züchtern gelingt, neben der weiteren Erhöhung der Milchleistung gleichzeitig die Fruchtbarkeit bzw. Gesundheit und damit die Nutzungsdauer – konkurrenzfähig gegenüber möglichen Kreuzungen – durch Selektion innerhalb der Rasse zu verbessern.

Für die Anwendung einer Kreuzung gibt es streng genommen wiederum zwei mögliche Strategien:

- die Kreuzung mündet wieder in Reinzucht (Beispiel: einmalige Nutzung einer Fremdpopulation mit anschließender Rückkreuzung (= Einsatz von „Veredlern“, wie es in der Warmblutzucht üblich ist) oder aber die Realisierung einer Verdrängungskreuzung mit dem Ziel, die Fremdpopulation zu etablieren,
- kontinuierliche Kreuzung, wie es z. B. in Neuseeland zwecks Nutzung des Vollweidesystems mit saisonaler Abkalbung praktiziert wird (vgl. Abb. 8). Derartige Systeme sind zwischenzeitlich auch in Mitteleuropa (z. B. bei Vollweidenutzung) im Test – wobei sich reinrassig, sehr großbrhmige Holsteins – hierbei nicht sonderlich empfehlen.

Interessant ist, dass diese verschiedenen Möglichkeiten gleichzeitig zu einer differenzierten Nutzung beteiligter Kreuzungsparameter führen (Tab. 12).

Tabelle 12. Anteile verschiedener Kreuzungsparameter in verschiedenen Kreuzungssystemen

Kreuzungstyp	Anteil wirkender Kreuzungsparameter		
	<i>individuelle Heterosis*</i>	<i>Maternale Heterosis**</i>	<i>Rekombinationsverlust</i>
Reinzucht	0	0	0
2-Rassen-Kreuzung F1 = A x B	1	0	0
Rückkreuzung (R) A x AB	0,5	1	1/4
AB x B	0,5	0	1/4
Rotationskreuzung 2-Rassen	2/3	2/3	2/9
3-Rassen	6/7	6/7	2/7

\* *Individuelle Heterosis*: bezieht sich auf die Überlegenheit der Kreuzungstiere selbst gegenüber dem Durchschnitt der Reinzuchteltern (Beispiel: Zunahme der Milchleistung in der F1)

\*\* *Maternale Heterosis*: begründet sich durch systematische Nutzung von Kreuzungskühen als Muttertiere (z. B. in Form einer modifizierten intrauterinen Ernährung des Kalbes im Mutterleib)

Im Falle einer kontinuierlichen Kreuzung ist in aller Regel das weibliche Tier ein Kreuzungstier und das männliche Tier reinrassig.

Erfolgreich kreuzen bedeutet aber auch, dass nur die besten Tiere der Fremdpopulation für Kreuzungszwecke zu verwenden sind.

Kreuzung ist somit auch kein „Hilfsmittel“ zum Ausgleich von Managementfehlern auf Betriebsebene! Sie muss eingebunden sein in das spezifisch gewählte Produktionssystem auf Einzelbetriebsebene.

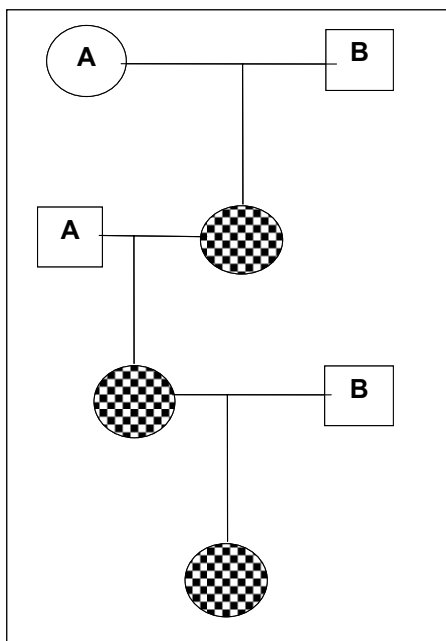


Abb. 8. Kontinuierliche Kreuzung mit zwei Rassen (A, B)

## Zusammenfassung

Das Holstein-Rind ist in der Milchproduktion – weltweit betrachtet – dominierend. Allerdings besitzt das Holstein-Rind neben deutlichen Vorteilen in der Milcherzeugung leider auch Nachteile; vor allem in Fitness-Merkmalen.

Die niedrigen Erblichkeiten der Merkmale der Fruchtbarkeit, der Tot- bzw. Schweregeburtenrate oder der Nutzungsdauer lassen leider nur begrenzte genetische Fortschritte durch Selektion innerhalb einer Reinzucht-Population (z. B. Holsteins) erwarten.

Verschiedene Rassenkreuzungen wurden in den letzten Jahren geprüft, um die Vor- und Nachteile verschiedener Kreuzungen zu testen. Die wichtigsten Ergebnisse werden hier zusammengefasst wiedergegeben.

*Schlüsselwörter:* Milchrinder, Züchtung, Heterosis, Kreuzung, Fruchtbarkeit

## Summary

*Advantages and disadvantages of cross-breeding in dairy cattle, focusing in particular on Holstein cattle*

The Holstein cow is – from a global perspective – dominant in milk production. The Holstein cow has significant advantages in milk production; however, it unfortunately also has some disadvantages, especially regarding its fitness traits.

The low heritability of the most important fitness traits, such as fertility, along with the high rate of stillbirth and calving difficulties (dystocia) and the short productive life, unfortunately mean that a purebred population (eg Holstein) can only be expected to make slow genetic progress by selection.

Various breeds have been crossed with Holstein in recent years in order to test the advantages and disadvantages of different crosses. The main results are described in this paper.

*Key words:* dairy cows, breeding, heterosis, crossing, fertility

## Résumé

*Le croisement dans les élevages bovins laitiers, notamment de la race Holstein : les avantages et inconvénients*

La Holstein est la race bovine la plus importante – au niveau mondial – en termes de production laitière. Si la race Holstein possède des avantages importants dans la production du lait, elle présente cependant aussi quelques inconvénients, notamment en ce qui concerne la valeur sélective (fitness).

La faible héritabilité des caractères tels que la fertilité, le taux de mortinatalité et de difficultés de vêlage ou encore la durée de vie économique a malheureusement pour conséquence qu'une population issue d'un élevage en race pure (p.ex. Holstein) est censée de ne pas pouvoir faire de grands progrès génétiques par sélection.

Dans ces dernières années, plusieurs croisements qui combinent les caractéristiques d'autres races avec la race Holstein ont été étudiés afin d'évaluer leurs avantages et désavantages. La présente étude résume les résultats les plus significatifs.

*Mots-clés :* bovins laitiers, élevage, hétérosis, croisement, fertilité

## Literatur

1. BRADE, W., 1992: Crossbreeding effects in the development of the synthetic Black and White (SMR) dairy cattle in East Germany. *Livest. Prod. Science*, 32, 203–218.
2. –, 2009a: Kreuzungsversuch ‚Schwedische Rote x Holstein‘. *Milchpraxis*. 79–82.
3. –, 2009b: Jerseykreuzungen enttäuschten. *Neue Landwirtschaft*, Heft 10/2009, 71–73.
4. –, 2010: Fleckvieh mal Holstein. *Bauernblatt Schleswig-Holstein*, 64. Jg. 41–42.
5. –, 2011: Die Milchrinderzüchtung in der ehemaligen DDR – eine retrospektive Bewertung. *Berichte über Landwirtschaft*, Bd. 89, Heft 2, S. 267–285.
6. –, JAITNER, J.; REINHARDT, F., 2010: Milchleistung von Jersey-F1-Kühen (Nordamerikanische Jersey x Holstein) im Vergleich zu reinrassigen Holsteins im unterschiedlichen Produktionsniveau. *Züchtungskunde* Bd. 82, S. 363–370.
7. BRYANT, J. R.; LOPEZ-VILLALOBOS, N.; PRYCE, J. E.; HOLMES, C. W.; JOHNSON, D. L.; GARRICK, D. J., 2007: Environmental Sensitivity in New Zealand Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 90:1538–1547.
8. DICKERSON, G. E., 1969: Experimental approaches in utilizing breed resources. *Anim. Breed. Abstr.*, 37, 191–202.
9. DICKERSON, G. E., 1972: Inbreeding and heterosis in animals. *Proc. Animal Breedings and Genetics Symposium in honor of Dr. J. L. LUSH*, Blacksburg, Virginia, ASAS and ADSA. pp 54–77.

10. EGGER-DANNER, CH.; FÜRST, CH., 2005: Analyse von Heterosiseffekten in österreichischen Rinderpopulationen. In: „Kreuzungszucht und Heterosis“; Seminar des Ausschusses für Genetik der ZAR, Salzburg, 2005, S. 11–20.
11. HECKENBERGER, G.; SÜRJE, CHR.; BRADE W., 2010: Braunviehgenetik im Test. Neue Landwirtschaft, Heft 2/2010, Bd. 21.Jg, 92–93.
12. HEINS, B. J.; HANSEN, L. B.; SEYKORA, A. J., 2004: Comparison of first-parity Holstein, Normande-Holstein crossbred, Montbeliarde-Holstein crossbred and Scandinavian-Holstein crossbred cows for dystocia and Stillbirths. J. Dairy Sci. 87(Suppl. 1): 282. (Abstr.).
13. LOPEZ-VILLALOBOS, N.; PENASA, M.; DAL ZOTTO, R.; CASSANDRO, M.; BRADE. W.; DISTL, O.; EVANS, R.; CROMIE, A., 2010: Calculation of a cow culling merit index including specific heterosis in a multibreed dairy population. Archiv Tierzucht, Bd 53, 9–17.
14. MADSEN, P.; JENSEN, J.; NIELSEN, U. S., 2008: Effect of heterosis and import germ plasm on production traits estimated in the Danish multi-breed animal model. <http://www.interbull-slu.se/bulletins/bulletin16/madsen.pdf> (Zugriff am: 10.08.2008).
15. MONTGOMERIE, W. A., 2002: Experiences with dairy cattle cross breeding in New Zealand. 53<sup>rd</sup> EAAP-Meeting, Kairo, 01.-04.09.2002, Vortrag.
16. PANICKE, L., 2008: persönliche Mitteilung.
17. PEDERSEN, J.; CHRISTENSEN, L. G., 1989: Heterosis for milk production traits by crossing Red Danish, Finnish Ayrshire and Holstein-Friesian cattle. Livestock Prod. Sci., 23. 253–266.
18. VANRADEN, P. M.; SANDERS, A. H., 2003: Economic merit of crossbred and purebred US dairy cattle. J. Dairy Sci. 86:1036–1044.

*Autorenanschrift:* Prof. Dr. habil. WILFRIED BRADE, Tierärztliche Hochschule Hannover (TiHo); zurzeit: Leibniz-Institut (FBN) für Nutztierbiologie Dummerstorf, Wilhelm-Stahl-Allee 2, 18196 Dummerstorf, Deutschland

[brade@fbn-dummerstorf.de](mailto:brade@fbn-dummerstorf.de)



## **Umwelt- und Naturschutzleistungen landwirtschaftlicher Betriebe**

### **– Anforderungen von Landwirten an ein Dokumentationssystem für das landwirtschaftliche Umweltmanagement –**

Von DANIELA KEMPA, CHRISTINA VON HAAREN, Hannover

### **1 Einleitung**

Erklärtes Ziel der europäischen wie auch deutschen (Agrar-)Politik ist die Entwicklung und Förderung einer nachhaltigen Landwirtschaft, die auch eine umweltgerechte Bewirtschaftung der natürlichen Ressourcen umfasst (vgl. 12). Die Umsetzung dieses Ziels erfolgt auf Ebene der Landbewirtschaftler und bedient sich verschiedener Instrumente. Zum einen setzen staatliche Förderprogramme mit entsprechenden Umweltauflagen Anreize für eine ressourcenschonende/umweltverträgliche Wirtschaftsweise und die Durchführung von (Agrar-)Umweltmaßnahmen. Zum anderen werden über den Markt, also durch Abnehmer landwirtschaftlicher Rohstoffe und Konsumenten, Umweltleistungen direkt nachgefragt (Beispiel Bio-Produkte). Diese Anreize allein genügen jedoch nicht, Umweltziele tatsächlich auf der Fläche bzw. in den landwirtschaftlichen Betrieben umzusetzen. Vielmehr müssen Landwirte auch dabei unterstützt werden, Potenziale für eine umweltgerechte Bewirtschaftung und Gestaltung ihrer Flächen auszuschöpfen und entsprechende Maßnahmen in ihr Betriebsmanagement zu integrieren. Grundlage für eine gezielte und erfolgsorientierte Förderung von Umweltleistungen landwirtschaftlicher Betriebe sollte demnach eine betriebsindividuelle Beratung verbunden mit einer transparenten Dokumentation der erbrachten Leistungen sein (vgl. 32; 13). Dazu müssen auch methodische Herausforderungen wie die Bewertung von Umweltleistungen (z. B. Biodiversität, Klimaschutz, Landschaftsbild) gemeistert werden. Hierfür gibt es bereits einige Ansätze (vgl. 1; 10; 37; 41). Bei der Beratung kann eine Software als Hilfsmittel dienen, Bewertungsmethoden zu automatisieren und somit die Dokumentation von Umweltleistungen zu erleichtern bzw. die Planung von Agrarumweltmaßnahmen als Einkommensquelle zu unterstützen. Zu diesem Zweck muss jedoch zunächst geklärt werden, welche Anforderungen die Adressaten an ein entsprechendes System stellen und welche Einflussgrößen auf der Kosten- und Nutzenseite für die Anwender relevant sind. Ziel des hier vorgelegten Artikels ist es, vorhandene Wissenslücken zu schließen, indem folgende Leitfragen beantwortet werden:

- a) Unter welchen Bedingungen/Voraussetzungen interessieren sich Landwirte für eine freiwillige Naturschutzberatung bzw. eine softwaregestützte Dokumentation ihrer Umweltleistungen?
- b) Welche Anforderungen muss eine Software für die Naturschutzberatung von Landwirten erfüllen, wenn ein positives Verhältnis von Kosten und Nutzen für die Anwender erreicht werden soll?

Es wird untersucht, welche Möglichkeiten, aber auch Hemmnisse für die Dokumentation von Umwelt- und Naturschutzleistungen durch landwirtschaftliche Betriebe bestehen. Dazu werden zum einen technische und ökonomische Voraussetzungen betrachtet und

zum anderen die persönlichen Einstellungen der Landwirte im Hinblick auf eine softwaregestützte Naturschutzberatung berücksichtigt.

## **2 Rahmenbedingungen für eine softwaregestützte landwirtschaftliche Betriebsberatung**

### **2.1 Agrarpolitischer Trend in der landwirtschaftlichen Betriebsberatung**

Die EU fördert im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) seit 2005 den Aufbau eines Beratungssystems für landwirtschaftliche Betriebe, welches mindestens die Grundanforderungen an die Betriebsführung und den guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand umfassen muss (14). Eine Einrichtung entsprechender Angebote ist seit 2007 verpflichtend für alle Mitgliedsländer der EU; über die Teilnahme an einer Beratung können die Landwirte jedoch frei entscheiden (15; 13). Die 2010 erfolgte Evaluation der Einführungsphase durch die EU-Kommission zeigt, dass in allen Mitgliedsstaaten entsprechende Beratungssysteme etabliert sind (11). Dabei konzentriert sich etwa die Hälfte der Mitgliedsstaaten auf Cross Compliance als Hauptberatungsleistung, während in den übrigen Staaten zusätzliche Themen wie Wettbewerbsfähigkeit und Agrarumweltmaßnahmen integriert wurden (ebd.). Die Beratung wird in aller Regel von öffentlichen Institutionen koordiniert und überwacht, die Durchführung erfolgt jedoch auch von privaten Einrichtungen (11). In ihren aktuellen Entwürfen schlägt die EU-Kommission eine Stärkung der Beratung durch den Ausbau der vorhandenen Systeme vor, die eine Erweiterung der Anforderungen sowie die eindeutige Trennung von Beratung und Kontrollen umfasst (13).

In Deutschland wird Beratung für Landwirte von Landwirtschaftsämtern- und -kammern der einzelnen Bundesländer bzw. ihren Zweigstellen auf Bezirks- oder Kreisebene sowie von Beratungsringen (im Regelfall Vereine) und privaten Spezialberatern angeboten. Das Beratungsangebot umfasst Fragen der Unternehmensführung (betriebswirtschaftliche Planung, Betriebsentwicklung) und Produktionstechnik (Pflanzenschutz, Dünge- und Futtermittelplanung) ergänzt um zusätzliche Leistungen wie z. B. Beratung zur Energieerzeugung und Direktvermarktung (vgl. 21; 22). Die EU-Richtlinien ermöglichen die Förderung einer Betriebsberatung bis zu 80 % der Kosten und maximal 1500 EUR (14). Diese Regel wurde in Deutschland im nationalen GAK-Rahmenplan übernommen; für die konkrete Ausgestaltung der Fördermaßnahmen sind jedoch die Bundesländer verantwortlich. Künftig kann bei Beratungsmaßnahmen mit besonderer Bedeutung für Natur-, Umwelt- oder Klimaschutz die Förderprämie sogar bis auf 100 % der Beratungskosten (bzw. 2000 EUR jährlich) angehoben werden, wenn das Bundesland die zusätzlichen 20 % selbst trägt (3). „Bei diesen Beratungsangeboten geht es in erster Linie darum, Landwirten Wege aufzuzeigen, wie sie beispielsweise die Artenvielfalt auf ihrer Betriebsfläche oder die Ökosystemleistung ihrer Betriebe insgesamt verbessern können“ (ebd.). Den aktuellen Stand (Nov. 2011) der einzelbetrieblichen Beratungsförderung in den Bundesländern zeigt Tabelle 1.

Die Inanspruchnahme der Beratungsförderung untersucht das von Thünen-Institut in einer 2009 begonnenen Studie (9). Erste Ergebnisse zeigen für Niedersachsen, dass nach einem anfangs hohen Einstiegswert (2005: 5300 Betriebe) die Zahl der Betriebe, die Beratungsleistungen in Anspruch genommen haben, deutlich zurück ging (2009: 1777 Betriebe) und die vorgesehenen Finanzmittel für diese Maßnahme nicht ausgeschöpft wurden (ebd.). Der Autor der Studie führt das darauf zurück, dass nach einer Erstberatung zu Beginn der Förderperiode für viele Betriebe kein erneuter Bedarf für eine Beratung bestand und andere Landwirte wiederum den bürokratischen Aufwand durch die Fördermaßnahme scheuen. Dennoch konnte für die meisten Nutzer einer Beratung eine Verbesserung des Betriebsmanagements und auch des Betriebsergebnisses im Hinblick auf Cross Compliance und Produktivität erreicht werden (ebd.).

Tabelle 1. Fördermaßnahmen der Bundesländer zur einzelbetrieblichen Beratung

Bundesland	Fördermaßnahme <sup>1)</sup>	Link zur Richtlinie bzw. Maßnahme
Baden-Württemberg	Förderung einzelbetrieblicher Managementsysteme und Energieberatung (Förderhöhe: 50 bis 70 %)	<a href="https://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/menu/1169113/index.html">https://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/menu/1169113/index.html</a>
Bayern	Förderung der Bereitstellung technischer Hilfe im Agrarsektor – Förderung von Beratungsleistungen im Rahmen der Verbundberatung (Förderhöhe: 50 %)	<a href="http://www.stmelf.bayern.de/agrarpolitik/programme/26373/">http://www.stmelf.bayern.de/agrarpolitik/programme/26373/</a>
Brandenburg und Berlin	–	–
Hessen	–	–
Mecklenburg-Vorp.	–	–
Hamburg	–	–
Niedersachsen und Bremen	Einzelbetriebliche Beratung in Verbindung mit Managementsystemen und Energieberatung (Förderhöhe: 60 %)	<a href="http://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/5/nav/20/article/16783.html">http://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/5/nav/20/article/16783.html</a>
Nordrhein-Westfalen	Schwerpunkt 1: Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der Land- und Forstwirtschaft (inkl. Betriebsberatung) (Förderhöhe: 50 %)	<a href="http://www.umwelt.nrw.de/landwirtschaft/nrw_programm/index.php">http://www.umwelt.nrw.de/landwirtschaft/nrw_programm/index.php</a>
Rheinland-Pfalz	Einzelbetriebliche Beratung in Verbindung mit Managementsystemen (Förderhöhe: 80 %)	<a href="http://www.dlr.rlp.de/">http://www.dlr.rlp.de/</a> (Förderung und Qualität-Förderung-Beratungsförderung)
Saarland	–	–
Sachsen	–	–
Sachsen-Anhalt	–	–
Schleswig-Holstein	–	–
Thüringen	Förderung von Beratungsleistungen zur Nutzung einzelbetrieblicher Managementsysteme und zur Energieberatung (Förderhöhe: 50 %)	<a href="http://www.thueringen.de/de/thueringenagrar/foerderung_formulare/landwirtschaft/Beratungs-Managementssysteme/">http://www.thueringen.de/de/thueringenagrar/foerderung_formulare/landwirtschaft/Beratungs-Managementssysteme/</a>

<sup>1)</sup> Die Förderung von Beratungsleistungen im Zusammenhang mit dem Agrarinvestitionsförderprogramm wird nicht berücksichtigt, da diese in aller Regel auf Beratung und Betreuung baulicher Investitionen abzielen.

*Quellen:* Förderdatenbank des BMWI (<http://www.foerderdatenbank.de>) und Internetportale der Landwirtschaftlichen Ministerien bzw. nachgeordneten Behörden der Bundesländer mit Stand: November 2011.

Die Vorgaben aus der GAP der EU und die Ausgestaltung durch die Länder bringen jedoch künftig zusätzliche Anforderungen an das landwirtschaftliche Betriebsmanagement mit sich, die neben der Einhaltung von rechtlichen Auflagen wie Cross Compliance (CC) und der guten fachlichen Praxis (gFP) auch die Umsetzung von Agrarumweltmaßnahmen (AUM) umfassen. Insbesondere die geplante weitere Umschichtung (Modulation) von Finanzmitteln aus den Direktzahlungen in den maßnahmenorientierten ELER-Fonds (vgl. 32; 33; 16; 15) würde in Zukunft zusätzlichen Spielraum für die Honorierung von Umweltleistungen auf landwirtschaftlichen Betrieben schaffen. Dazu sollte ein stärker ergebnisgebundener Ansatz und leistungsgebundene Zahlungen gewählt werden, um Anreize zu setzen (12). Diese Weiterentwicklung der GAP stellt höhere Anforderungen an die Umweltkompetenzen der Landwirte bzw. deren Berater. Daher empfiehlt der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) bei der Überprüfung von Umweltleistungen die Möglichkeiten einer Betriebsberatung und einer Dokumentation durch Landwirte einzubeziehen (32; 34). Gleichzeitig ist eine natur- und umweltgerechte Bewirtschaftung und ihre Dokumentation Voraussetzung für die öffentliche Akzeptanz von Direktzahlungen (28), die derzeit zumindest für juristische Personen als Zahlungsempfänger offengelegt werden müssen (3). Der Beratung für die Planung und Umsetzung von förderfähigen Naturschutz- und Umweltmaßnahmen auf landwirtschaftlichen Flächen wird demnach künftig eine noch größere Bedeutung zukommen.

Die Entwicklungen auf EU- und nationaler Ebene zeigen die rechtlichen und ökonomischen Rahmenbedingungen auf, vor deren Hintergrund sich ein Landwirt für eine Beratung und/oder die Bereitstellung von Umweltleistungen entscheidet. Gleichzeitig werden hierdurch auch die gesellschaftlichen Anforderungen deutlich, mit denen die Landwirte heute konfrontiert werden.

Es gibt einige Studien, die die Einstellungen von Landwirten zur aktuellen Agrarpolitik untersuchen (vgl. 36; 6; 24; 17). In einer Studie der University of Newcastle (Großbritannien) wurden in fünf Mitgliedsstaaten der EU Landwirte dazu befragt, wie sie die politischen Rahmenbedingungen einschätzen und die Ausrichtung ihres Betriebsmanagements festlegen (vgl. 17). Der Aussage „Landwirte sollten attraktive Landschaften und Umweltleistungen produzieren/bereitstellen“ stimmten rund 60 % der knapp 1200 befragten Landwirte zu (17, S. 327). Weitere 26 % waren unentschieden und nur 13 % stimmten dieser Aussage nicht zu (17). Landwirte sind also überwiegend der Meinung, dass neben der reinen landwirtschaftlichen Produktion auch die Bereitstellung von Umweltleistungen zu ihren Aufgaben gehört. Der Aussage „Landwirte sollten keine Förderung für die Bereitstellung von Umweltleistungen erhalten“ wurde von 75 % der Befragten widersprochen (17). Die Landwirte konstatierten also gleichzeitig eine Verpflichtung der Politik die erbrachten Leistungen zu entgelten/entlohnen.

## 2.2 Der Einsatz von Computersoftware in der Naturschutzberatung

Naturschutzberatung, bisher eine Domäne des Ökolandbaus, wird zunehmend auch von konventionell wirtschaftenden Betrieben in Anspruch genommen (8). In den deutschen Bundesländern wird Naturschutzberatung durch Landwirtschafts- und Umweltämter, Organisationen des Ökolandbaus, Biologische Stationen, Stiftungen, Beratungsringe oder freie Berater angeboten (8).

In der herkömmlichen landwirtschaftlichen Betriebsberatung werden in den EU-Ländern häufig computergestützte Informationswerkzeuge und Checklisten eingesetzt (11), während die Naturschutzberatung in den letzten Jahren vorrangig manuelle Methoden mit Prüfbögen und Betriebsspiegeln zur Erhebung und Bewertung nutzte. Dennoch gibt es bereits seit einigen Jahren eine Reihe von EDV-Systemen, auf die Landwirte und Berater zur Unterstützung des betrieblichen Umweltmanagements zurückgreifen können (z. B.

REPRO, KUL/USL). Erst in jüngerer Zeit werden dafür auch geografische Informationssysteme eingesetzt (z. B. AgroView, AgroGIS, FLOr/p), die mit der Einführung des integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystems (InVeKoS) zur Regelung von Zahlungsansprüchen der Agrarbetriebe an Bedeutung gewonnen haben. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die EDV-basierte Dokumentation in Bezug auf eine den Standort und Lebensraum erhaltende Bewirtschaftungsweise mittelfristig zunehmen wird.

Die bisher in der Praxis eingesetzten Systeme leisten in aller Regel jedoch Eines nicht: die Erfassung und Bewertung von (konkreten) Naturschutzleistungen, die der Landwirt erbringt oder erbringen könnte und die als Agrarumweltmaßnahmen (AUM) förderfähig sind bzw. als Voraussetzung für eine Zertifizierung oder der Öffentlichkeitsarbeit der Betriebe dienen.

In der Forschung sind solche Systeme jedoch bereits entwickelt und befinden sich in der Erprobungsphase (z. B. MANUELA). Die Software MANUELA (Managementsystem Naturschutz für eine nachhaltige Landwirtschaft) bzw. deren Prototyp wurde bereits in sieben Bundesländern (Baden-Württemberg, Bayern, Brandenburg, Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt, Mecklenburg-Vorpommern) erprobt. Sie soll den Anwender bei der Planung von Maßnahmen zur Anlage und Erhaltung naturschutzrelevanter Landschaftsstrukturen/-elemente unterstützen und ihm eine einfache Möglichkeit bieten, Agrarumweltmaßnahmen sachgerecht durchzuführen und die Naturschutzleistungen eines Betriebes sowie die Einhaltung der guten fachlichen Praxis und von Cross Compliance zu dokumentieren. Ziel der aktuellen Forschungsarbeit ist die Weiterentwicklung des Programms bis zur Praxisreife. Dazu sollen zusätzliche Module/Fachkonzepte ergänzt und die Nutzbarkeit anwenderorientiert verbessert werden. Adressaten des Programms sind ausgebildete Berater (Agrarumweltberatung), aber auch die Landwirte selbst.

Der grundsätzliche Bedarf für und die Ansprüche an eine Naturschutzberatung vonseiten der Landwirte wurden und werden bereits in vielen Studien untersucht (vgl. 39; 38, 30; 23). Bisher gibt es jedoch kaum Erhebungen zu den Anforderungen, die z. B. von Landwirten und Beratern an eine Software mit dieser Ausrichtung gestellt werden. Erste Hinweise zu beiden potenziellen Nutzergruppen können der Evaluation des „MANUELA-Projektes“ (FKZ: 22730/01) entnommen werden. Für die Ableitung von allgemeingültigen Aussagen reicht die Stichprobe jedoch nicht aus (41). In einer 2005 vorgelegten Studie wird der Frage nachgegangen, welche Art von Agrarsoftware landwirtschaftliche Berater verwenden und welche Ansprüche sie an eine solche Software stellen (35). Die von den befragten Beratern verwendete Software umfasste ein breites Spektrum von Internet- und Excelanwendungen über Software für Düngemittelberechnungen und Hof-Tor-Bilanzen bis zu Prämienrechnern. Verbesserungsbedarf wurde vor allem hinsichtlich der Anwendungsdauer, der Abstimmung auf regionale Unterschiede, einer intuitiven Bedienbarkeit, geringerer Kosten und genügend Speicherkapazität geäußert. Ähnliche Anforderungen sind auch für eine Software zur Erfassung und Bewertung von Naturschutzleistungen zu erwarten, Untersuchungen dazu gibt es bisher jedoch nicht. Vielmehr bestehen große Kenntnislücken hinsichtlich der konkreten Ansprüche und Wünsche von Landwirten.

### 3 Untersuchungsdesign

Zur Bearbeitung des Forschungsgegenstandes wurde aufbauend auf einer Literaturrecherche zum aktuellen Stand der Betriebsberatung ein Methodenmix aus der empirischen Sozialforschung verwendet, um die uneinheitlichen persönlichen Voraussetzungen und Erfahrungen der Zielgruppe „Landwirte“, abbilden zu können. Es galt ein Umfeld zu schaffen, in dem Landwirte einerseits individuelle persönliche Meinungen abgeben und andererseits Themen aus verschiedenen Blickwinkeln diskutieren konnten. Vorrangiges

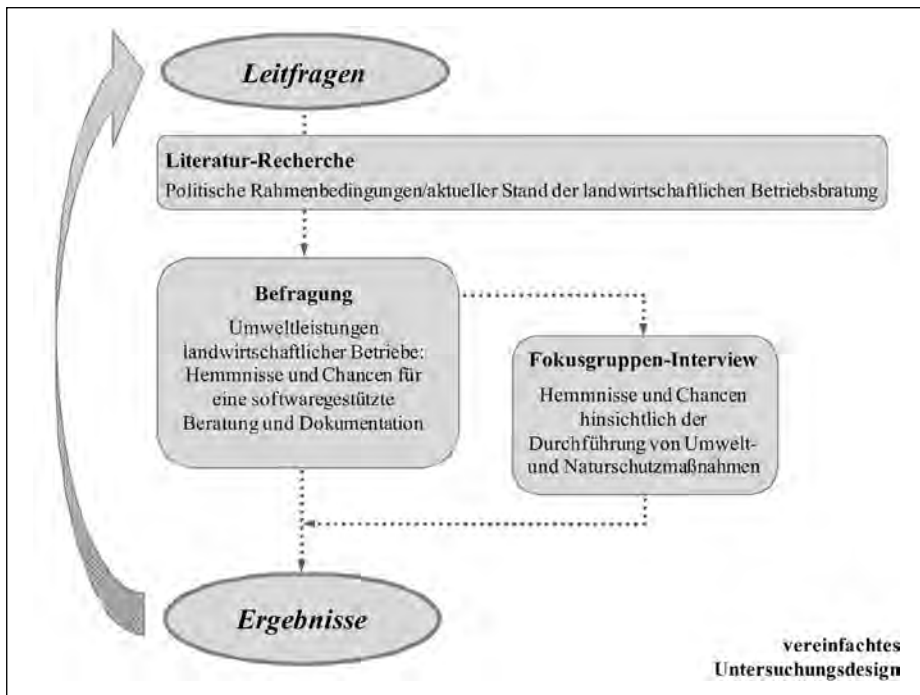


Abb. 1. Vereinfachtes Untersuchungsdesign

Ziel war es, die Argumente der Landwirte in Bezug auf Umsetzung und Dokumentation von Umwelt- und Naturschutzmaßnahmen kennenzulernen und ihre Probleme und Interessen zu erfahren.

Abbildung 1 gibt einen vereinfachten Überblick über das Untersuchungsdesign. Der Schwerpunkt der Querschnittstudie liegt auf einer quantitativen Befragung von Landwirten verschiedener Bundesländer, als Hauptadressaten einer Umweltberatung. Ein zusätzlich durchgeführtes Fokusgruppeninterview mit einer Auswahl an Landwirten ermöglicht eine vertiefende Behandlung einiger Fragestellungen aus der quantitativen Befragung.

### 3.1 Quantitative Landwirte-Befragung

Die Grundgesamtheit der quantitativen Befragung bildet sich gemäß Zielsetzung aus den Betriebsleitern der landwirtschaftlichen Betriebe in Deutschland. Die Ziehung einer bundesweit repräsentativen Zufallsstichprobe von Landwirten ist in Deutschland nicht möglich, da es keine zentrale Datenbank mit entsprechenden Informationen zu allen landwirtschaftlichen Betrieben gibt. Zudem sind die bei den Bundesländern vorliegenden Daten, wie z. B. die InVeKoS-Antragsdaten, nicht frei zugänglich und enthalten auch nur diejenigen Landwirte, die einen Antrag auf EU-Direkthilfen gestellt haben. Um eine ausreichend große Gruppe an Landwirten zu erreichen, wurde mit allen Landesbauernverbänden als Hauptorganisationsform der Landwirte Kontakt aufgenommen. Im Ergebnis konnten Landwirte aus den Bundesländern Niedersachsen, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Mecklenburg-Vorpommern befragt werden.

Die angewendeten Befragungsmethoden setzen sich aus einer Online-Befragung und einer analogen schriftlichen Befragung nach BROSIUS et al. (5) zusammen. Bei der Online-

Befragung wurde die Webadresse des Fragebogens als Link mit den Newslettern der Landesbauernverbände an die Mitglieder verschickt. Die analoge schriftliche Befragung fand auf den Jahreshauptversammlungen der Landesbauernverbände statt, wo Druckversionen des Fragebogens zum schriftlichen Selbstauffüllen persönlich verteilt und eingesammelt wurden. Auf den Versammlungen wurden insgesamt 600 Fragebögen ausgeteilt; die tatsächlich erreichte Zahl der Landwirte durch die Online-Befragungen kann nicht verlässlich eingeschätzt werden.

Bedingt durch dieses Vorgehen handelt es sich bei der Befragung um eine willkürliche Auswahl. Nach BROSIUS et al. (5, S. 79) werden „bei der willkürlichen Auswahl [...] Merkmalsträger nach ihrer Verfügbarkeit ohne besondere Systematik ausgewählt“. Sofern die Stichprobe ein strukturell verkleinertes Abbild der Grundgesamtheit (entsprechend der ausgewählten statistischen Merkmale) bildet, kann man auch von einer Klumpenstichprobe sprechen (5).

Basierend auf der Recherche der Rahmenbedingungen für eine softwaregestützte Betriebsberatung (vgl. Kap. 2), sollen anhand der empirischen Methoden konkrete Voraussetzungen und Anforderungen ermittelt werden, deren Erfüllung maßgeblich die Attraktivität einer solchen Naturschutz- bzw. Umweltberatung für den Landwirt steigert. Eine wesentliche Rolle spielt dabei das Verhältnis von entstehenden Kosten zum individuellen Nutzen für den Anwender sowie mögliche Anreize für freiwillige unentgeltete Leistungen. Zunächst wurden also potenzielle Nutzen definiert und entstehende Kosten beschrieben (Abb. 2), die als Statements in den Fragebogen einfließen. Anschließend können die abgefragten Einstellungen zu Kosten und Nutzen diskutiert und einander gegenübergestellt werden.

Die Form des Fragebogens ist standardisiert, um eine quantitative Auswertung zu ermöglichen. Durch die Verbindung von geschlossenen und halboffenen Fragen soll eine möglichst umfassende Erhebung der Ansprüche erreicht werden. Antworten werden

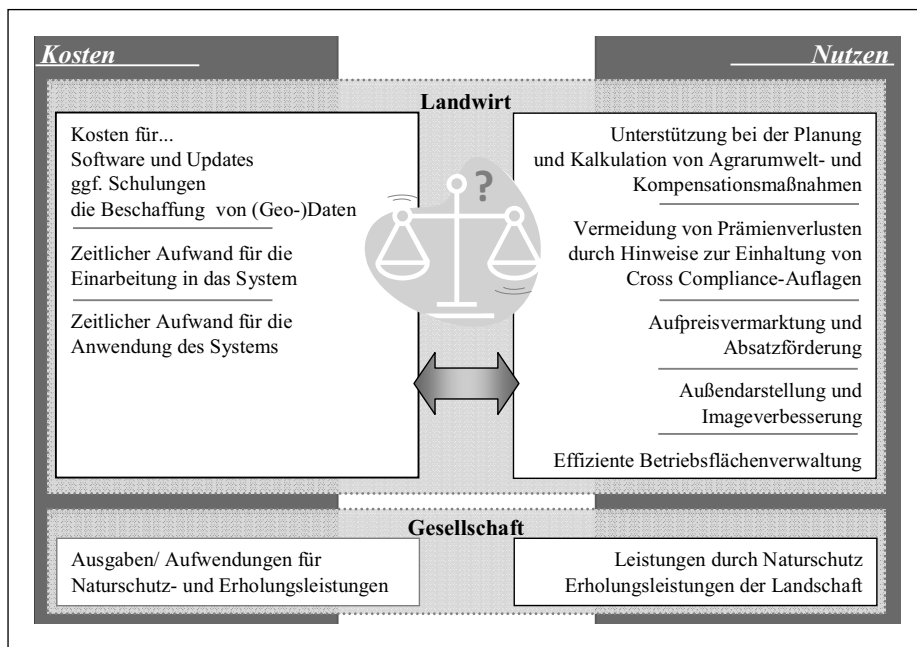


Abb. 2. Kosten und Nutzen einer softwaregestützten Naturschutzberatung

anhand einer 5-stufigen Rating-Skala (stimme voll zu bis stimme gar nicht zu) oder mit ja/nein-Optionen (Zustimmung/Ablehnung) zu vorformulierten Statements erfasst. Freitextfelder für Anmerkungen schaffen zusätzlichen Raum für Anregungen und persönliche Erfahrungen der Landwirte. Somit können einerseits Häufigkeiten hinsichtlich der Nennung von Ansprüchen ermittelt werden, und andererseits geben Einzelnennungen Hinweise auf bisher nicht berücksichtigte Aspekte oder spezifische Anforderungen.

Eingeleitet wird der Fragebogen mit einem kurzen erläuternden Text zum Hintergrund der Befragung und verwendeten Begriffen, einem Hinweis auf die anonymisierte Verarbeitung der Daten und Kontaktinformationen der Autorin. Es schließen sich vier Themenblöcke mit aufeinander aufbauenden Fragestellungen an:

- Durchführung von Natur- und Umweltschutzmaßnahmen,
- Dokumentation von Umwelt- und Naturschutzmaßnahmen,
- Bereitschaft und Hemmnisse für Computer-/Softwarenutzung,
- Anforderungen an den inhaltlichen und funktionellen Umfang einer Software.

*Tabelle 2. Grundgesamtheit der Befragung*

Statistische Merkmale (Agrarstatistik 2007)	Klassen	Anzahl der Betriebe	Anteil an allen Betrieben
Landwirtschaftliche Betriebe in Deutschland		374 500	100 %
nach Größenklassen	<50 ha	289 200	77 %
	<100 ha	53 400	14 %
	<500 ha	28 400	8 %
	<1000 ha	1 900	1 %
	1000 ha und mehr	1 500	0 %
nach Erwerbsform <sup>1)</sup>	Haupterwerb	192 600	55 %
	Nebenerwerb	157 500	45 %
nach Betriebsform	Ackerbau	82 216	22 %
	Gartenbau	12 153	3 %
	Dauerkulturen	30 150	8 %
	Futterbau	165 977	44 %
	Veredlung	12 845	3 %
	Verbund (gemischt)	71 173	19 %
nach Bildungsabschluss des Betriebsleiters <sup>2)</sup>	Universität, Fachhochschule	21 900	14 %
	Fortbildung zum Meister	56 100	36 %
	Landwirtschaftsschule, Technikerschule	103 300	66 %
	Berufsausbildung	89 300	57 %
	ohne landw. Abschluss	119 000	76 %

<sup>1)</sup> Es wurden nur Betriebe der Erwerbsform Einzelunternehmen erfasst. Diese machen 93,5 % aller Betriebe in Deutschland aus.

<sup>2)</sup> Die Daten stammen aus dem Jahr 2005 und beziehen sich daher auf eine abweichende Gesamtanzahl landwirtschaftlicher Betriebe (389 600).

Quelle: Statistisches Bundesamt, BMELV



Mithilfe eines Pretests wurden die Verständlichkeit und Reihenfolge der Fragen überprüft, technische Probleme aufgedeckt und behoben sowie die Dauer des Ausfüllens festgestellt (vgl. 26; 31). Da die Herangehensweise keine gezielte Auswahl der zu befragenden Landwirte hinsichtlich statistischer Merkmale (Betriebsparameter wie Größe, Betriebs- und Erwerbsform) zuließ, wurden relevante Informationen am Ende des Fragebogens abgefragt, um sie später in die Auswertung einbeziehen zu können. Die Auswahl der statistischen Fragen erfolgte anhand agrarstatistischer Vergleichsdaten (Tab. 2) und auf der Grundlage früherer Forschungsergebnisse zu relevanten betrieblichen Einflussgrößen von BRENKEN (4) und MANTE/GEROWITT (25).

### 3.2 Fokusgruppen-Interview

Mit dem Ziel, detailliertere Kenntnisse über Argumente und Einstellungen von Landwirten zur Umsetzung von Umwelt- und Naturschutzmaßnahmen sowie zum Thema Beratung zu gewinnen, wurde eine Fokusgruppendifkussion mit acht Landwirten durchgeführt. Da die Auswahl der TeilnehmerInnen im Rahmen eines Forschungsvorhabens im Peenetal (Mecklenburg-Vorpommern) erfolgte, handelt es sich um LeiterInnen landwirtschaftlicher Betriebe, die in dieser Region Flächen bewirtschaften, teilweise mit direktem Kontakt zum Naturschutzgebiet (NSG) an der Peene. Somit kann von einer besonderen Sensibilisierung und persönlichen Erfahrungen der Teilnehmer im Hinblick auf Natur- und Umweltschutzmaßnahmen ausgegangen werden. Die Gruppendiskussion wurde von einem externen freiberuflichen Wissenschaftler moderiert, der als selbstständiger Berater im Themenfeld nachhaltige Entwicklung ländlicher Räume Projekte evaluiert und sozialwissenschaftlich begleitet. Die Gesprächsleitung durch einen Unbeteiligten mit Moderationserfahrung ermöglichte eine zielgerichtete Behandlung der zuvor aufgestellten Leitfragen/-themen ohne inhaltliche Einflussnahme. Inhaltlich vertieft das Fokusgruppeninterview die Fragestellungen aus dem ersten Teil des Fragebogens zur Durchführung von Umwelt- und Naturschutzmaßnahmen. Entsprechend lauteten die Leitfragen: „Führen Sie Umwelt- und Naturschutzmaßnahmen auf Ihrem Betrieb durch?“ und „Welche Hemmnisse gibt es für Sie, Umwelt- und Naturschutzmaßnahmen umzusetzen?“. Das Gruppeninterview dauerte zwei Stunden und wurde sowohl handschriftlich protokolliert als auch digital als Audiospur aufgezeichnet. Anschließend erfolgte ein vollständiges Transkript der Audioaufzeichnung mit der Software f4 und eine Weiterverarbeitung mit dem Programm atlas.ti. Die Weiterverarbeitung wurde als qualitative Inhaltsanalyse (27) durchgeführt und umfasste als ersten Schritt eine Kodierung der Aussagen (vgl. 20; 7), also eine Zuordnung zu thematischen Fragen. Dazu wurden die oben genannten Leitfragen bzw. deren Detailfragen herangezogen aber auch von den Landwirten selbst in die Diskussion eingebrachte Themen berücksichtigt. Die Hauptcodes umfassten folgende Themen:

- Durchführung von Maßnahmen auf dem eigenen Betrieb,
- Kritik und Hemmnisse hinsichtlich der Durchführung von Maßnahmen,
- Verbesserungsvorschläge zur Ausgestaltung von Maßnahmen,
- Rolle der landwirtschaftlich-naturschutzfachlichen Beratung.

Die diskutierten Maßnahmen umfassten z. B. den Anbau von Zwischenfrüchten, die Reduktion der Düngung, die Anlage von Gewässerrandstreifen oder Blühstreifen, die Extensivierung von Grünlandflächen und die Anlage von Kurzumtriebsplantagen.

Anschließend wurden für die einzelnen Codes eine Beschreibung der vorherrschenden Meinung sowie abweichender Einstellungen vorgenommen und die wichtigsten Ergebnisse mit Zitaten belegt.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Ergebnisse der quantitativen Landwirte-Befragung

Für die Auswertung standen 128 Fragebögen zur Verfügung. 25 stammen aus der Online-Befragung und 103 aus den Befragungen auf den Landesbauernversammlungen. 107 Fragebögen wurden vollständig ausgefüllt, bei 21 Fragebögen waren die Angaben unvollständig. Bei den unvollständigen Fragebögen wurden vollständig beantwortete Fragen mit in die Auswertungen einbezogen.

Bedingt durch die Art der Stichprobe sind Landwirte mit hohem Bildungsabschluss (Hochschule oder Meisterausbildung) überrepräsentiert, wie die Auswertung der statistischen Fragen und ihr Abgleich mit der Agrarstatistik zeigen. Hinsichtlich der Betriebsgrößen sind Betriebe im mittleren (100–500 ha) und vor allem im hohen Hektarbereich (ab 500 ha) in der Stichprobe stärker vertreten als im Bundesdurchschnitt, während Betriebe unter 50 ha unterrepräsentiert sind. Die befragten Landwirte bewirtschaften ihre Betriebe ausschließlich konventionell und überwiegend im Haupterwerb (95 %, n=121). Auch diese Parameter werden durch die Auswahl der Stichprobe bestimmt, da sich Nebenerwerbslandwirte mit zumeist kleineren Betrieben seltener in Landesbauernverbänden (LBV) organisieren. Im Gegensatz zu konventionellen Betrieben sind ökologisch wirtschaftende Landwirte im Regelfall eher in Bio-Anbauverbänden organisiert als im LBV. Hinsichtlich der Betriebsform herrschen in der Stichprobe Ackerbau- und Gemischtbetriebe (jeweils 39 %, n=124) vor (Abb. 3). Gemischtbetrieb bedeutet entsprechend der Agrarstatistik, dass der Betrieb mit keiner seiner Bewirtschaftungsformen 1/3 der Betriebseinkünfte erreicht. Die Verteilung der statistischen Merkmale in der Stichprobe entspricht damit nicht der Verteilung in der Grundgesamtheit und kann hinsichtlich dieser Parameter nicht als repräsentativ für alle landwirtschaftlichen Betriebe in Deutschland gelten. Dennoch lassen sich Meinungen und Trends wiedergeben.

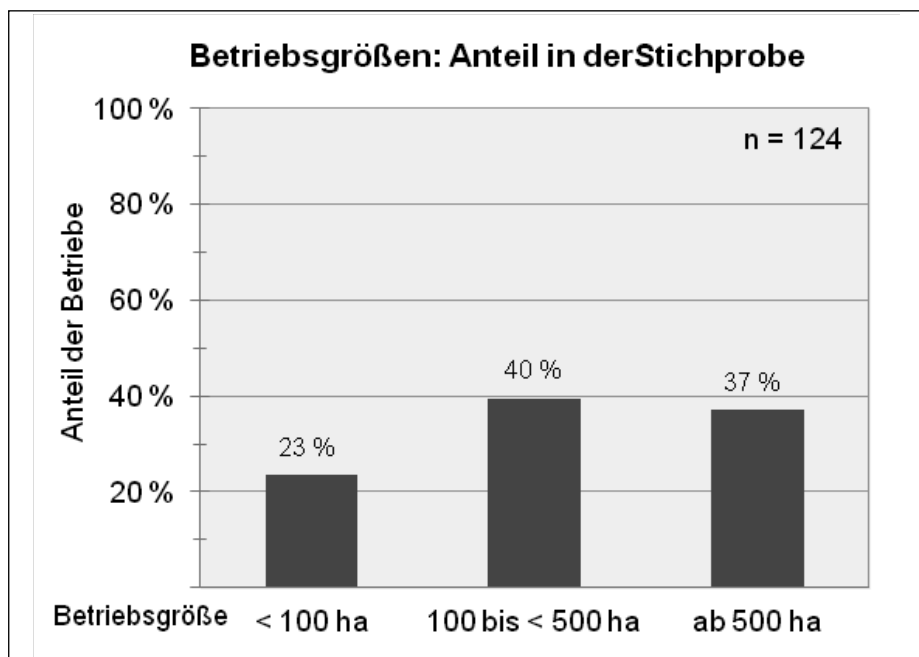


Abb. 3: Verteilung des Merkmals „Betriebsgröße“ in der Stichprobe

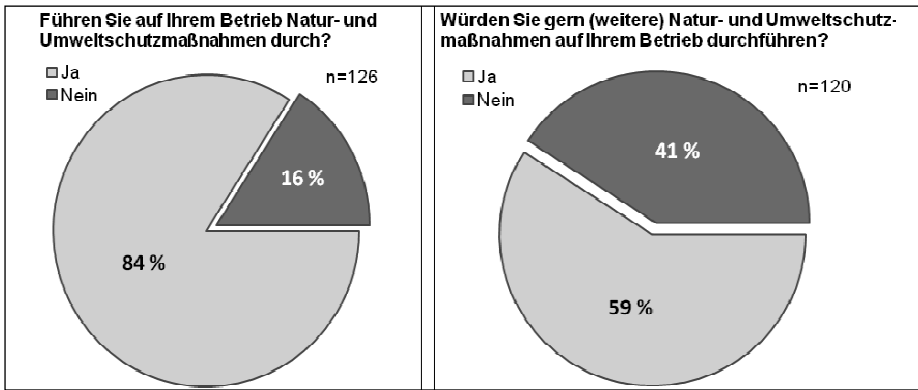


Abb. 4. Bereitschaft für die Durchführung von Natur- und Umweltschutzmaßnahmen

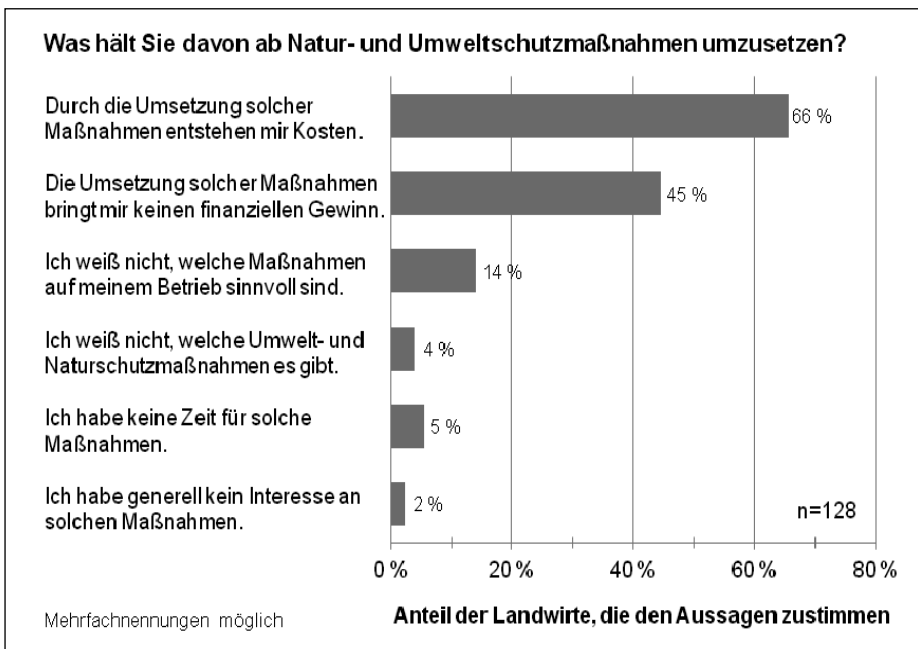


Abb. 5. Hemmnisse für die Durchführung von Natur- und Umweltschutzmaßnahmen

Der überwiegende Teil der befragten Landwirte führt auf seinen Betrieben Natur- und Umweltschutzmaßnahmen durch (84 %). Mehr als die Hälfte (59 %) wollen auch in Zukunft solche Maßnahmen durchführen (Abb. 4).

Als Hemmnisse werden vor allem die mit den Maßnahmen verbundenen Kosten gesehen (84 Landwirte, rd. 66 %, s. Abb. 5). An zweiter Stelle stehen fehlende Gewinnmargen bei der Durchführung von Natur-/ Umweltschutzmaßnahmen (57 Landwirte, rd. 45 %). Die Kenntnis möglicher Maßnahmen und deren gezielte Auswahl stellt für den überwiegenden Teil der Landwirte kein Hemmnis dar. Fehlendes Interesse oder mangelnde Zeit an bzw. für Natur- und Umweltschutzmaßnahmen werden als Gründe ebenfalls nicht

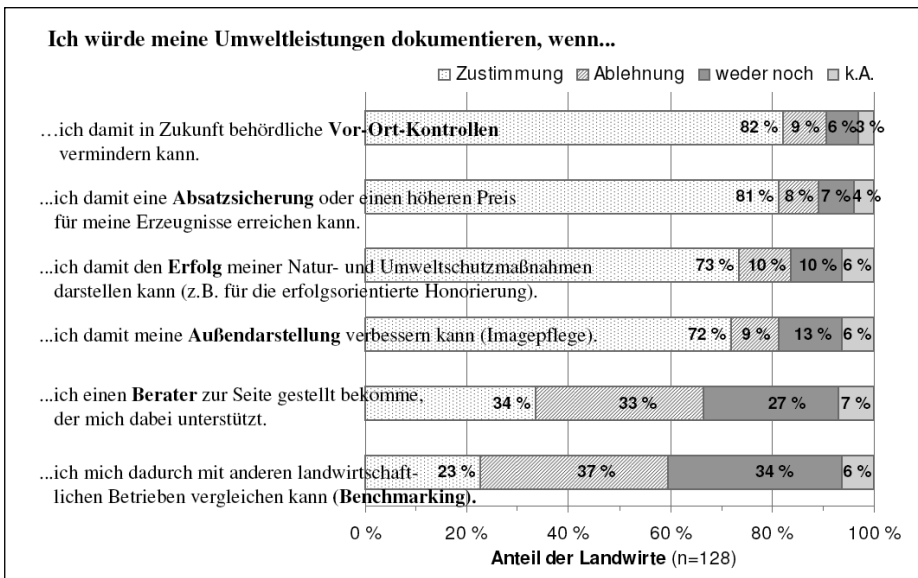


Abb. 6. Bedingungen für die Bereitschaft Umwelleistungen zu dokumentieren

bestätigt. Die häufigsten Nennungen im Anmerkungsfeld zu dieser Frage betrafen den bürokratischen Aufwand und die Kontrollen, die mit der Umsetzung und Förderung von Natur- und Umweltschutzmaßnahmen verbunden sind.

Bei der Untersuchung von Einflussgrößen auf die Bereitschaft, eigene Umwelleistungen zu dokumentieren, lassen sich klare Präferenzen erkennen (Abb. 6).

Fast alle Landwirte nutzen für ihre InVeKoS-Anträge oder für andere Bereiche ihres Betriebsmanagements Softwareprodukte. Die Aufgeschlossenheit gegenüber der Nutzung einer Software für die Dokumentation ihrer Umwelleistungen ist ebenfalls hoch (Abb. 7).

Bei den wenigen Landwirten (n=13), die der Nutzung einer Software ablehnend gegenüber stehen, werden der Zeitaufwand für die Einarbeitung und die Anwendung der Software als Hemmnisse bestätigt (8 Landwirte). Entstehende Kosten für eine Software stellen für 5 der 13 Landwirte ein Hemmnis dar. Zudem merkten einige Landwirte an, dass neben einer leicht erlernbaren und selbsterklärenden Funktionsweise die Kompatibilität zu vorhandenen Systemen sichergestellt und damit Doppelerfassung vermieden werden sollte.

Auch die Frage nach dem Funktionsumfang einer Software zur Dokumentation von Umwelleistungen lässt klare Präferenzen erkennen (Abb. 8).

Insgesamt wurden zehn Funktionen vorgeschlagen und über ein Freitextfeld weitere Wünsche abgefragt. Die meisten Zustimmungen gibt es für die Möglichkeit eigene Agrarumweltmaßnahmen zu dokumentieren (96 % Zustimmung) für die kartografische Darstellung (93 %) und für Hinweise zur guten fachlichen Praxis und zu Cross Compliance (93 %). Für jeweils rund zwei Drittel der Landwirte sollte die Software auch Funktionen für eine Kostenkalkulation von Maßnahmen und für eine automatische Berichterstellung über die Umwelleistungen des Betriebes vorhalten. Genauso oft werden Hinweise zu Fördermöglichkeiten für Maßnahmen gewünscht. Deutlich mehr als die Hälfte der befragten Landwirte stimmen darin überein, dass eine Bewertung der Umwelleistungen ebenso wie die Möglichkeit Szenarien „durchzuspielen“ und Empfehlungen zu konkreten Maßnahmen zu erhalten, zum Funktionsumfang dazugehören sollten. Der Vorschlag für eine Funktion zur automatischen Aufbereitung von Berichtsinhalten für eine Internetdarstellung stößt

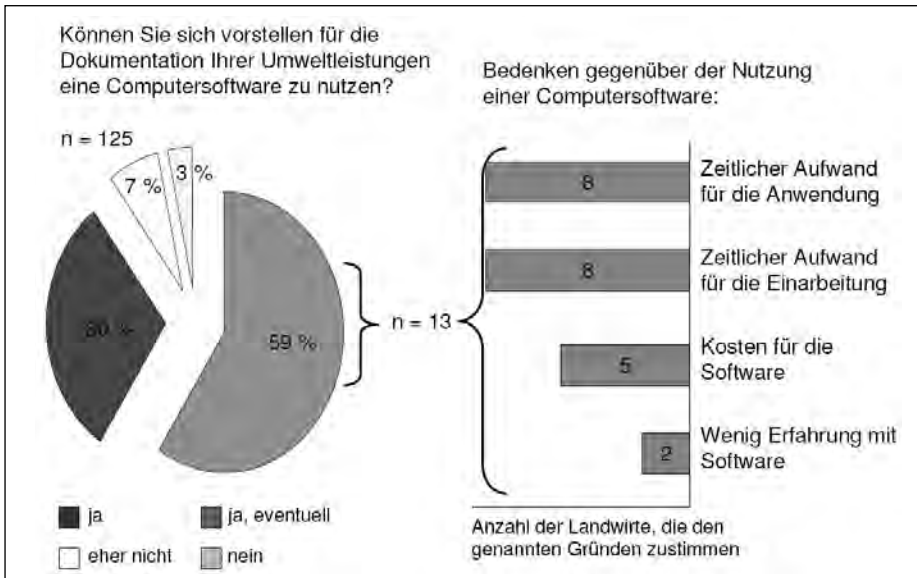


Abb. 7. Bereitschaft und Hemmnisse für die Nutzung einer Software

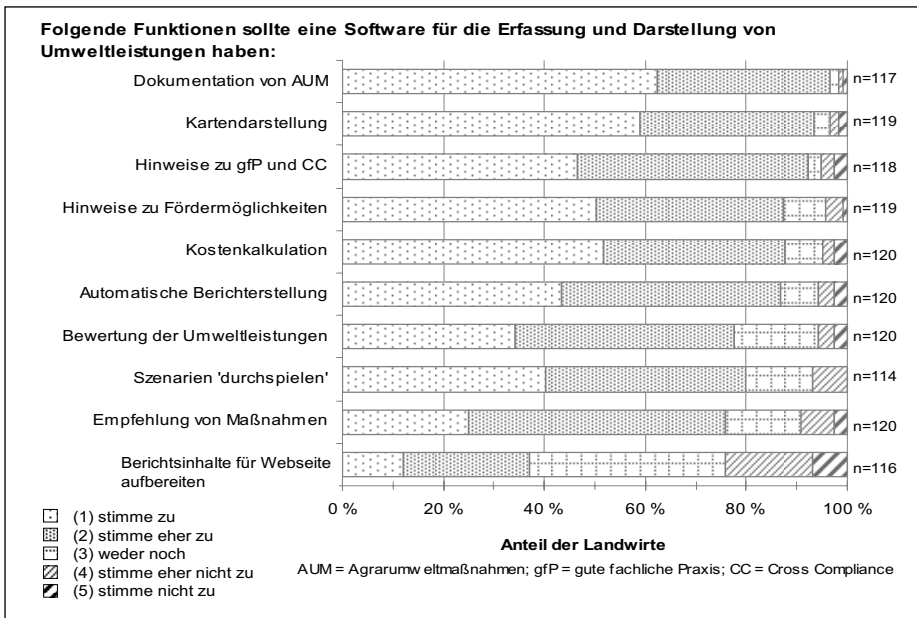


Abb. 8. Anforderungen an den Funktionsumfang der Software

auf sehr unterschiedliches Interesse. Es gibt mehr Befürworter (37 %) als Befragte mit ablehnender Haltung (22 %). Der größte Anteil der Landwirte (39 %) nimmt jedoch eine neutrale Position ein (Abb. 8). Auch bei dieser Frage wurde im Anmerkungsfeld mehrfach die Kompatibilität der Software mit bereits existierenden Programmen eingefordert.

Anhand der statistischen Angaben der Landwirte kann kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem persönlich-wirtschaftlichen Hintergrund der Betriebsleiter und den Präferenzen hinsichtlich einer softwaregestützten Umweltdokumentation hergestellt werden. In Bezug auf die Betriebsgröße gibt es jedoch für zwei Merkmale unterschiedliche Präferenzen, die im Folgenden dargestellt werden.

(1) Als Anreiz für die Erstellung einer eigenen Dokumentation von Umweltleistungen wurde den Landwirten die Unterstützung durch eine Beratung in Aussicht gestellt. Unter Einbeziehung aller befragten Landwirte wurde zu etwa gleichen Teilen zugestimmt und abgelehnt bzw. die Option „weder noch“ gewählt. Wertet man diese Frage jedoch in Abhängigkeit der Betriebsgrößenklassen aus, ergibt sich ein eindeutigeres Bild. Für große Betriebe ab 500 ha stellt die Unterstützung durch einen Berater keinen Anreiz dar, während sie von Betrieben unter 500 ha durchaus begrüßt wird. Eine detailliertere Unterteilung der Betriebsgrößen in drei Klassen (Abb. 9) zeigt dass dieser Zusammenhang zwar signifikant (Chi-Quadrat-Test), aber nicht linear ist.

Landwirte mit Betrieben zwischen 100 und 500 ha Größe betrachten eine Beratung als positiven Aspekt; für Betriebe unter 100 ha ist jedoch keine klare Tendenz zu erkennen.

(2) Um die Bevorzugung bestimmter Softwarefunktionen abbilden zu können, wurde zunächst eine Rangfolge der Funktionen für jeden einzelnen Betrieb/Landwirt gebildet und anschließend der Median der ermittelten Rangfolgen berechnet; jeweils getrennt für Betriebe ab und unter 500 ha (Abb. 10).

Bei den meisten Softwarefunktionen gibt es keine Unterschiede der Präferenzen in Abhängigkeit von der Betriebsgröße. Lediglich die Funktion „Bewertung der Umweltleistungen“ erhält bei den großen Betrieben (ab 500 ha) einen um zwei Stufen besseren Rang als bei den Betrieben unter 500 ha. Ein Signifikanztest (Chi-Quadrat-Test) ergibt jedoch keinen Hinweis auf einen systematischen Zusammenhang zwischen der Betriebsgröße und der Bevorzugung bestimmter Softwarefunktionen.

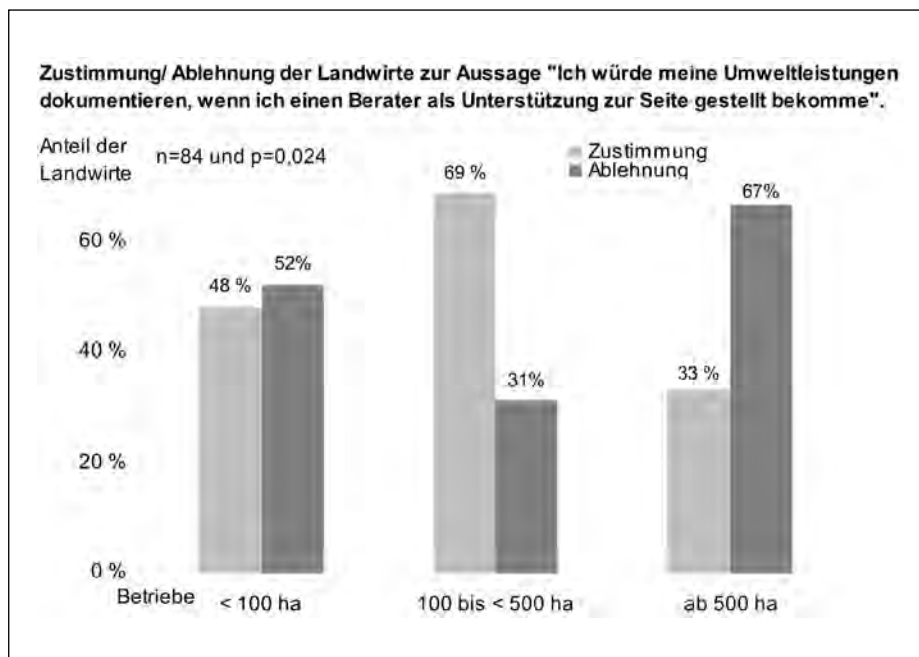


Abb. 9. Zusammenhang der Betriebsgröße mit dem Dokumentationsanreiz „Beratung“

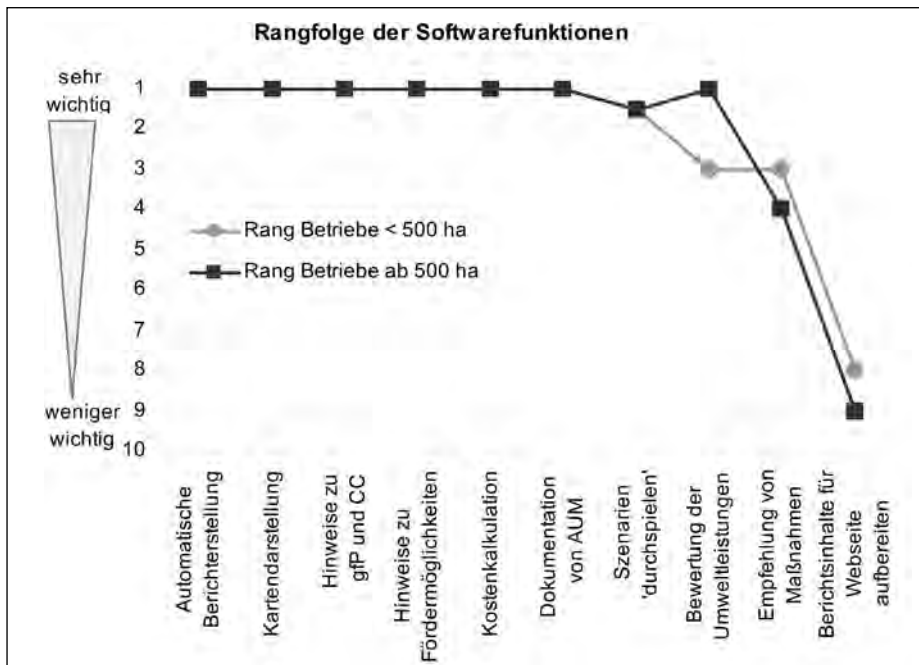


Abb. 10. Rangfolge der Softwarefunktionen nach ihrer Bedeutung für die Landwirte in Abhängigkeit von der Betriebsgröße

#### 4.2 Ergebnisse der qualitativen Landwirte-Befragung (Fokusgruppe)

Die meisten Landwirte der Fokusgruppe führen auf ihren Betrieben Agrarumweltmaßnahmen durch. Genannte Maßnahmen umfassen Gewässerrandstreifen, Blühstreifen, Untersaaten, die Nutzung von stabilisiertem N-Dünger (Speicherfunktion für gleichmäßige N-Abgabe), Grünlandextensivierung und in einem Fall die Anlage einer Kurzumtriebsplantage. Die Maßnahmen sind jedoch nicht kritikfrei. Die geäußerte Kritik ist sowohl maßnahmenübergreifend als auch maßnahmen-spezifisch. Als genereller Kritikpunkt wird z. B. die Eigentumsfrage genannt. Häufig sind Eigentumsverhältnisse von Landesflächen ungeklärt oder verteilen sich auf viele verschiedene Besitzer (Land, Kirche, Verbände, Privat), sodass die Bauern wenig eigenes Land besitzen und das Pachtland zudem oft stark verteilt liegt. Dadurch wird eine sinnvolle und langfristige Umsetzung von Maßnahmen erschwert. Entsprechend werden auch die langen Vertragslaufzeiten der Agrarumweltmaßnahmen bemängelt (in aller Regel 5 Jahre), da eine lange Bindungsfrist auf Flächen mit Pachtverträgen problematisch ist. Gleiches gilt für Maßnahmen, die die Umwandlung von Acker in ein aus Naturschutzsicht wertvolles Biotop anstreben. Dies kommt für die Landwirte einer Enteignung gleich, da die Fläche anschließend nicht wieder Gewinn bringend bewirtschaftet werden kann. Auch wird gefordert, dass die Wirksamkeit von Maßnahmen wissenschaftlich und praktisch nachgewiesen werden sollte, um so die Akzeptanz zu fördern. Grundsätzlich werden weniger die Kosten als die Bedingungen der Programme als Hemmnis gesehen, die eine Umsetzung erschweren: „Es ist im Moment weniger die Höhe, sondern die Modalitäten, die die Programme bei uns eigentlich in der Umsetzung hinderlich machen [...] da sind zu viele Nebenbedingungen, die zu erfüllen sind. Das passt nicht in jeden Betrieb, das müsste einfacher gestaltet werden.“

Für flächenhafte bzw. teilflächenspezifische Maßnahmen, die den Einsatz moderner Technik erfordern, wird angeführt, dass nicht jeder Landwirt in der Lage ist, sofort die meist teuren Maschinen anzuschaffen. Längere Übergangszeiten für einen Technikwechsel müssen hier in Kauf genommen werden: *„Das kommt mit dem Technikwechsel. Das dauert, man kann sich ja nicht einfach, nur weil das Teilflächenspezifische kommt, auf einmal fünf neue Maschinen auf den Hof stellen.“*

Die Landwirte äußern jedoch nicht nur Kritik, sondern auch konkrete Anforderungen und Vorschläge zur besseren Umsetzung und Ausgestaltung von Natur- und Umweltschutzmaßnahmen. Wichtige Aspekte waren hierbei der Ausgleich des Mehraufwandes für Maßnahmen, eine Aufklärung und Beratung zur Nutzung moderner Verfahren und Betriebsmittel (Stichwort: stabilisierter N-Dünger) und die Verbindung von Maßnahmen mit Messungen und einer Nachweisführung: *„Eine Sensibilisierung ist eingetreten an dem Tag, als wir verpflichtet waren, Nährstoffbilanzen zu machen. Da war jeder Landwirt verpflichtet. Und da fing er dann erst an darüber nachzudenken - Menschenkinder hier habe ich ja Überhänge und hier kann ich ja sparen.“*

In der Gruppendiskussion wurde immer wieder betont, dass neue Erkenntnisse durch Forschung und technischen Fortschritt den Landwirten auch vermittelt werden müssen. Als Beispiel wurden entsprechend aufbereitete Materialien genannt, die zur Verfügung gestellt werden müssen aber auch eine Beratung zu Themen wie Sortenwahl, angepasste Düngeverfahren etc. Gleichzeitig wurde bekundet, dass junge Betriebsleiter häufig offener für neue Verfahren und Techniken sind und die Anpassung auch über den Generationswechsel vonstatten geht: *„Da kann ich das nur bestätigen, was die Berufskollegen gesagt haben, diese Dinge müssen über Aufklärung, technischen Fortschritt und [...] auch über Generationenwechsel wachsen.“*

## 5 Diskussion und Schlussfolgerungen

Die hier vorgestellte Studie ist geeignet, Argumente und Interessen von Landwirten im Hinblick auf die Durchführung und Dokumentation von Umweltleistungen darzustellen und darauf aufbauend Ansätze für die Weiterentwicklung eines Beratungs- und Dokumentationssystems aufzuzeigen. Dennoch muss bei der Beurteilung der Ergebnisse berücksichtigt werden, dass es sich um keine bundesweit repräsentative Stichprobe landwirtschaftlicher Betriebe handelt und demnach vor allem Trends und Tendenzen dargestellt werden.

Viele Landwirte sehen es als notwendig an, neben der Produktion von Lebensmitteln Umwelt- und Naturschutzleistungen bereitzustellen. Diese Erkenntnis wird durch die aktuelle Befragung gestützt, bei der der überwiegende Teil der befragten Landwirte angab, Umwelt- und Naturschutzmaßnahmen durchzuführen und dies auch in Zukunft zu beabsichtigen. Die moralische Verpflichtung, solche Umweltleistungen bereitzustellen, schließt aus Sicht der Landwirte aber keine unentgeltliche Bringschuld ein. Durch Naturschutzmaßnahmen verursachte (und durch Förderung nicht ausgeglichene) Kosten stellen für viele Landwirte ein Umsetzungshemmnis dar. Auch NIENS und MARKGRAF (29) bestätigen in ihrer Studie finanzielle Gründe als wichtigstes Argument für oder gegen die Umsetzung von AUM. In der Fokusgruppendiskussion wurde zusätzlich auf die unflexiblen Bedingungen der Agrarumweltprogramme hingewiesen. Anhand dieser Aussagen lässt sich auch der Umstand erklären, dass knapp ein Viertel der befragten Landwirte die derzeit Umwelt- und Naturschutzmaßnahmen umsetzen dies in Zukunft nicht mehr tun wollen. Abgesehen von einer Verbesserung der Modalitäten von Agrarumweltprogrammen und dem angemessenen Ausgleich entstandener Kosten, kann auch die Aussicht darauf, mit der



Durchführung solcher Maßnahmen Gewinn zu erwirtschaften, einen zusätzlichen Anreiz für deren Umsetzung bieten.

Als Voraussetzung für die erfolgsorientierte Honorierung von Umweltleistungen der Landwirte, ggf. auch mit oben angesprochenen Gewinnspannen, sollte zudem eine Dokumentation die Durchführung und den Erfolg der Umwelt-/Naturschutzmaßnahmen belegen. Während die landwirtschaftliche Beratung und ihre zusätzliche Ausrichtung auf Umwelt- und Naturschutzaspekte politisch forciert wird (Beratungsförderung), gibt es für eine Dokumentation von Umwelt- und Naturschutzleistungen bisher nur Forderungen von Verbänden (28) und dem Sachverständigenrat für Umweltfragen (32; 34). Politisch wird die Entscheidung von Landwirten für eine Dokumentation von Umweltleistungen (noch) nicht wesentlich beeinflusst. Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung zeigen jedoch, dass eine Dokumentation unter bestimmten Voraussetzungen für Landwirte bereits heute interessant ist.

Landwirte sind Unternehmer, die einerseits für die Erfüllung gesellschaftlicher Grundbedürfnisse (Bereitstellung von Lebensmittel- und Energierohstoffen) eine finanzielle Unterstützung vom Staat erhalten (Direktzahlungen und Preisstützung). Andererseits müssen sie aber auch ökonomisch bzw. wirtschaftlich handeln, um am Markt verdienen zu können und ihr Einkommen zu sichern. Wenn sie durch eine Dokumentation ihrer Umweltleistungen den Absatz ihrer Produkte sichern oder sogar steigern könnten (zu Anforderungen von Abnehmern vgl. 18) bzw. für erfolgreich durchgeführte Maßnahmen des Umwelt- und Naturschutzes eine Honorierung erhielten, würde das für viele Landwirte einen positiven Anreiz zur Nachweisführung darstellen. Wenn mit dieser eigenen Nachweisführung außerdem behördliche Betriebskontrollen (Cross Compliance) vermindert werden könnten, ließen sich sehr viele Landwirte (in der Befragung über 80 %) für eine freiwillige Dokumentation gewinnen. Demnach besteht der größte Nutzen in einer Dokumentation, mit der der Landwirt seine Umweltleistungen darstellen kann, die ihm aber auch dabei hilft, Berichtspflichten im Rahmen von Direktzahlungen und Cross Compliance abzudecken.

Sowohl für die Erfüllung von Nachweispflichten als auch für die Erfolgskontrolle von Natur- und Umweltschutzmaßnahmen sind mit einer Dokumentation inhaltliche und formelle Anforderungen verbunden, die mit dem künftigen Aufgabenspektrum (vgl. 12) wachsen. Deren Erfüllung könnte z. B. durch die Inanspruchnahme einer geförderten betriebsindividuellen Beratung durch landwirtschaftliche Officialberater oder private Spezialberater gewährleistet werden. In der Fokusgruppendifkussion wurde mehrfach die Bedeutung der Vermittlung von Kenntnissen durch Aufklärung und Beratung hervorgehoben. In der quantitativen Befragung äußerten sich jedoch nur rund ein Drittel der Betriebe positiv über die Unterstützung durch einen Berater. Diese Zurückhaltung zeigt sich auch in den aktuellen Ergebnissen der vTI-Studie (vgl. Abschn. 2.1). Nur 10 % aller landwirtschaftlichen Betriebe in Niedersachsen fragten im Zeitraum 2007–2009 Beratungsleistungen nach, mit Fokus auf den Themen Cross Compliance, Arbeitssicherheit und Energieeffizienz (9). Als Hauptnutzen der Beratung wurde die Vermeidung von Kürzungen bei Direktzahlungen angegeben aber auch die Verbesserung des Dokumentations- und Erfassungssystems (ebd.). Einen großen Erfolg verzeichnet die Beratung im ökologischen Landbau. Sie wird vor allem durch Bio-Anbauverbände, Beraterringe und Trägergesellschaften (z. B. Kompetenzzentrum Ökologischer Landbau in Niedersachsen und Rheinland-Pfalz) angeboten und bezieht häufig eine Fachberatung zum Thema Naturschutz in das Leistungsangebot ein (vgl. 19). Über die Naturschutzberatung werden dabei Wege für die Integration von Naturschutzzielen und die Umsetzung von Agrarumweltmaßnahmen auf landwirtschaftlichen Betrieben eröffnet (vgl. 40).

Mit der in Abschnitt 2.1 vorgestellten Weiterentwicklung der Agrarpolitik und der stärkeren Förderung von Umweltleistungen (vgl. 12) wird das Aufgabenspektrum der Bera-

tung wachsen, ebenso wie der mögliche Nutzen, den die Landwirte aus einer solchen Beratung ziehen können. Um diese inhaltlichen und auch formellen Anforderungen zu erfüllen und die Dokumentation von Umweltleistungen zu optimieren, kann eine Software die Beratung unterstützen. Bisher angewendete Systeme reichen von reinen Checklisten zur Einhaltung von Fach- und Förderrecht bis zu räumlichen Darstellungsformen für die Beantragung von Direktzahlungen. Die Bereitschaft unter den Landwirten, solche Systeme auch für die Dokumentation von Umweltleistungen zu nutzen, ist hoch (vgl. Abschn. 4.1), da die meisten bereits für andere Bereiche ihres Betriebsmanagements Computerprogramme einsetzen. Dennoch muss eine solche Software einige Bedingungen erfüllen, um Aufwand und Ertrag für die Landwirte in ein angemessenes/akzeptables Verhältnis zu setzen. Dabei wird davon ausgegangen, dass das Programm zunächst durch einen Berater auf dem Betrieb eingeführt wird und anschließend durch den Landwirt selbst (ggf. mit zeitweiliger Unterstützung) weitergenutzt werden kann. Auf der Kostenseite spielt vor allem der Aufwand von Arbeitszeit für die Einarbeitung in die Software und ihre Anwendung eine Rolle. Von einigen Landwirten werden auch Kosten für die Beschaffung der Software als mögliches Hemmnis angeführt. Da insgesamt nur wenige Landwirte einer Softwareanwendung ablehnend gegenüber standen, lässt die Befragung kaum Rückschlüsse auf relevante Kostenaspekte zu. Hier könnte eine Untersuchung mit detaillierteren Abfragen und fundierten Zahlen zu tatsächlich anfallenden Kosten und Arbeitsaufwand Aufschluss geben. Die Nutzenseite wird durch die Befragung besser abgedeckt. Im Ergebnis der Anwendung einer Beratungssoftware zur Dokumentation von Umweltleistungen sollte folgender Nutzen erreicht werden:

- Absatzsicherung oder Aufpreisvermarktung,
- verbesserte Möglichkeiten der Außendarstellung,
- Darstellung des Erfolges von Natur- und Umweltschutzmaßnahmen (z. B. für erfolgsorientierte Honorierung) und
- eine bessere Vorbereitung auf behördliche Kontrollen oder deren Verringerung (CC, AUM).

Ob die Häufigkeit behördlicher Kontrollen auf einem Betrieb, in Abhängigkeit von den bereitgestellten Ergebnissen einer eigenen Dokumentation, tatsächlich angepasst werden sollte, kann nur die Politik beantworten. Ein Dokumentationssystem, das über Hinweise zu Cross Compliance, guter fachlicher Praxis und AUM hinaus in standardisierter Form Berichtspflichten nachweist, kann jedoch ein erster Schritt in diese Richtung sein. Die Einschätzung des Erfolges durchgeführter Maßnahmen im Hinblick auf das jeweilige Natur- oder Umweltschutzziel wird durch die Erfassung und Bewertung des Zustandes vor und nach der Maßnahme möglich. Voraussetzung ist jedoch ein Messsystem, das ausreichend differenziert ist, um auf die Veränderungen zu reagieren. Eine solche Bewertungsfunktion wurde auch von der Mehrheit der Landwirte befürwortet/gewünscht. Um die Außendarstellung landwirtschaftlicher Betriebe zu verbessern, muss die Bewertung der Umweltleistungen in eine geeignete Darstellungsform überführt werden. Die von fast allen Landwirten gewünschte räumliche/kartografische Darstellung der Betriebsflächen und Landschaftselemente zusammen mit einer automatisierten Berichterstellung kann als Ausgangsbasis für verschiedene Medien zur Außendarstellung/Repräsentation erbrachter Umweltleistungen dienen. Mit diesem Bericht könnte der Landwirt gleichermaßen die umweltschonende Produktion seiner landwirtschaftlichen Erzeugnisse gegenüber den Verbrauchern sowie Lebensmittelherstellern dokumentieren. Er schafft Transparenz hinsichtlich des Herstellungsprozesses und kann damit den Absatz seiner Rohstoffe sichern oder einen Aufpreis begründen. Die erforderlichen Rahmenbedingungen für eine bessere Qualitäts- und Absatzförderungs politik sollen mit der Reform der GAP verbessert werden (12). Weitere Ansätze, wie z. B. Zahlungen für Ökosystemdienstleistungen werden aktuell ebenfalls diskutiert (ebd.). Nur wenn die politischen und förderrechtlichen Rahmenbedingungen so ausgestaltet werden, dass die Bereitstellung von Umweltleistungen durch

Landwirte nicht nur wünschenswert bleibt, sondern auch finanzielle Vorteile bringt, wird eine erfolgreiche und wirkungsvolle Umsetzung von mehr Natur- und Umweltschutz in der Fläche erfolgen. Und erst dann können auch die Vorteile einer softwaregestützten Dokumentation von Umweltleistungen voll ausgeschöpft werden.

### Zusammenfassung

Eine gezielte und erfolgsorientierte Förderung von Umweltleistungen landwirtschaftlicher Betriebe kann durch eine betriebsindividuelle Beratung und ein verlässliches Dokumentationswerkzeug erleichtert und verbessert werden. Um die Vorteile eines softwaregestützten Umwelt- und Naturschutzberaters (z. B. standardisierte/automatisierte Bewertungsmethoden und flexible Darstellungsformen) ausschöpfen zu können, müssen jedoch zunächst die Anforderungen der Adressaten an ein solches Dokumentationssystem untersucht werden. In der vorliegenden Studie werden Landwirte als potenzielle Anwender hinsichtlich ihrer Einstellungen und Ansprüche an ein solches System befragt. Es werden mögliche Hemmnisse aber auch der potenzielle Nutzen erfasst sowie die Kontextabhängigkeit der Einstellungen der Landwirte von politischen und ökonomischen Rahmenbedingungen betrachtet. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung zeigen, dass eine Dokumentation von Umweltleistungen unter bestimmten Voraussetzungen für Landwirte interessant ist. Während die Inanspruchnahme von Beratungsleistungen derzeit trotz Förderung noch verhältnismäßig gering ausfällt, stehen die meisten Landwirte einer Softwarenutzung aufgeschlossen gegenüber. Am häufigsten gewünschte Funktionalitäten umfassen die Berücksichtigung von Vorgaben zur Einhaltung der guten fachlichen Praxis und von Cross Compliance-Auflagen, Hinweise zu Fördermöglichkeiten, kartografische Darstellungsoptionen, Bewertungsmöglichkeiten für Umwelt- und Naturschutzmaßnahmen sowie eine automatisierte Berichterstellung. Damit sollte im Ergebnis für den Landwirt eine Absatzsicherung oder Aufpreisvermarktung, verbesserte Möglichkeiten der Außendarstellung, eine Darstellung des Erfolges durchgeführter Natur- und Umweltschutzmaßnahmen und eine bessere Vorbereitung oder Verringerung der behördlichen Kontrollen erreicht werden.

### Summary

#### *A documentation system for environmental farm management: requirements and demands*

Farm-specific advice and a reliable documentation tool can provide clear advantages for the improvement of success-oriented remuneration and funding of farms' environmental achievements. In order to fully exploit the benefits of such a software-supported environmental advisory system (e.g. standardized/ automated assessment and flexible ways of presentation), it is necessary to investigate the requirements of potential addressees beforehand. In this study, farmers as potential users were surveyed with regard to their attitudes and demands in relation to such a system. The study examined potential benefits for farmers as well as possible obstacles. Results show that the documentation of environmental achievements can be of interest for farmers under certain conditions. While the use of advisory services is actually rather low, most farmers remain open to using such software. It is seen that most benefits are obtained by documentation that provides functions for the presentation of environmental achievements but also supports the farmer in meeting reporting requirements related to direct payments and cross compliance. The most sought-after functionalities include the consideration of standards of good farming practice and cross compliance, information on funding, cartographic visualization, options for the assessment of nature conservation measures and an automated report generation. Thus, the following advantages should be generated for the farmers: safeguarding or increasing sales, improved external communication and presentation of environmental achievements and improved preparation for, or even reduction of, official inspections.

### Résumé

#### *Les services liés à la protection de la nature et de l'environnement dans le secteur agricole – les exigences des agriculteurs envers un système de documentation pour la gouvernance environnementale*

Des services de conseil individuel et un outil de documentation fiable pourraient contribuer à améliorer les aides accordées aux exploitations agricoles pour leurs performances environnementales en fonction de certains facteurs et axées sur la réussite. Afin de profiter pleinement de tous les avantages que fournissent les services de conseil assistés par l'ordinateur en matière d'environnement (tels que l'évaluation standardisée ou automatisée et la flexibilité de la forme de présentation) il convient d'analyser les besoins des destinataires d'un tel système de documentation. Dans le cadre de la

présente étude, les agriculteurs ont été interviewés sur leurs opinions et les exigences qu'ils posent en tant qu'utilisateurs potentiels envers un tel système automatisé. L'étude n'examine pas seulement les contraintes mais aussi les bénéfices potentiels pour les agriculteurs ; elle démontre aussi que les opinions des agriculteurs dépendent également de facteurs économiques et politiques. Les résultats montrent que la documentation des services liés à la protection de l'environnement pourrait, sous certaines conditions, être intéressante pour les agriculteurs. Bien que le nombre d'utilisateurs des services de conseil soit, malgré l'attribution des aides, actuellement bas encore, la plupart des agriculteurs se prononce en faveur d'un tel logiciel. Parmi les fonctionnalités préférées figurent les services de conseil en matière de bonnes pratiques agricoles et de conditionnalité et en matière de financement, la visualisation cartographique, les options pour l'évaluation des mesures liées à la protection de la nature et de l'environnement ainsi que la génération automatique de rapports. Les avantages qui en résultent sont les suivants : un écoulement garanti ou l'augmentation des ventes, une amélioration de la communication externe, une meilleure présentation des mesures prises en faveur de la protection de l'environnement et une préparation optimisée aux inspections officielles ou même leur réduction.

## Literatur

1. BIAGINI, M.; CONSORTI, R.; DAPPORTO, L.; DELLACASA, M.; PAGGETTI, E.; CORTI, C., 2007: The taxonomic level roderer as possible tool for rapid assessment of Arthropod diversity in agricultural landscapes, *Agriculture Ecosystems and Environment*, 122 (2): 183–196.
2. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, 2011a: Veröffentlichung der Empfänger von EU-Agrarzahlungen: Zahlungen an juristische Personen wieder veröffentlicht. URL: <http://www.bmelv.de/SharedDocs/Standardartikel/Landwirtschaft/Foerderung/Direktzahlungen/VeroeffentlichungEUAzahlungen.html>, Datum: 11.01.2012.
3. –, 2011b: Förderung einzelbetrieblicher Umweltberatung und Verbesserung der Weinbergsflurbereinigung: GAK - Rahmenplan 2011. URL: <http://www.bmelv.de/SharedDocs/Standardartikel/Landwirtschaft/Foerderung/GAK/Rahmenplan-2011.html>, Datum: 05.06.2012.
4. BRENKEN, H., 2002: Naturschutz als Innovation: Adressatenorientierte Umsetzungsstrategien für den Naturschutz in Grünlandgebieten Norddeutschlands - Abgeleitet anhand innovationstheoretischer Überlegungen. In: Institut für Umweltplanung (Hrsg.): Beiträge zur räumlichen Planung. Schriftenreihe des Fachbereichs Landschaftsarchitektur und Umweltentwicklung der Universität Hannover, 68. Hannover.
5. BROSIUS, H.-B.; KOSCHEL, F.; HAAS, A., 2008: Methoden der empirischen Kommunikationsforschung: Eine Einführung. 4. Aufl., VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.
6. CHAPLIN, H.; DAVIDOVA, S.; GORTON, M., 2004: Agricultural adjustment and the diversification of farm households and corporate farms in Central Europe, *Journal of Rural Studies*, 20/1: 61–77.
7. DAHINDEN, U., 1998: Umweltpolitik zwischen Technokratie und Demokratie: Fokusgruppen, eingesetzt als diskursives Bürgerbeteiligungsverfahren im Rahmen einer Fallstudie zur Einführung ökonomischer Instrumente in der Energiepolitik. Dissertation.
8. Deutsche Vernetzungsstelle Ländliche Räume (DVS), 2009: Naturschutzberatung für Landwirte: Workshopmaterial und Fachdiskussionen. Workshop vom 08.05. bis 09.05.2009 in Göttingen/ Niedersachsen.
9. EBERHARDT, W., 2010: PROFIL - Halbzeitbewertungen der ländlichen Entwicklungsprogramme für Nordrhein-Westfalen: Inanspruchnahme von Beratungsdiensten durch Landwirte und Waldbesitzer (ELER-Code 114). URL: <http://www.vti.bund.de/de/startseite/institute/lr/projekte/laufende-projekte/7-laender-bewertung/niedersachsenbremen.html>, Datum: 16.01.2012.
10. ECKERT, H.; BREITSCHUH, G.; SAUERBECK, D., 1999: Kriterien umweltverträglicher Landbewirtschaftung (KUL) - ein Verfahren zur ökologischen Bewertung von Landwirtschaftsbetrieben, *Agriological Research*, 52 (81): 57–75.
11. Europäische Kommission, 2010a: Bericht der Kommission an das Europäische Parlament und den Rat über die Anwendung der landwirtschaftlichen Betriebsberatung gemäß den Artikeln 12 und 13 der Verordnung (EG) Nr. 73/2009 des Rates. KOM(2010) 665, Brüssel.
12. –, 2010b: Mitteilungen der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen: Die GAP bis 2020: Nahrungsmittel, natürliche Ressourcen und ländliche Gebiete – die künftigen Herausforderungen. KOM(2010) 672, Brüssel.
13. –, 2011: Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über die Finanzierung, die Verwaltung und das Kontrollsystem der Gemeinsamen Agrarpolitik. KOM(2011) 628, Brüssel.

14. Europäischer Rat, 2005: Verordnung (EG) Nr. 1698/2005 des Rates vom 20. September 2005 über die Förderung der Entwicklung des ländlichen Raums durch den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER-VO), Brüssel.
15. –, 2009: Verordnung (EG) Nr. 74/2009 des Rates vom 19. Januar 2009 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1698/2005 über die Förderung der Entwicklung des ländlichen Raums durch den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER), Amtsblatt der Europäischen Union, Ausgabe L 30.
16. GIESSKÜBEL, R., 2009: Naturschutzfachliche Bewertung der GAP: Eine Wertung der Studie mit Blick auf eine künftige Ausrichtung der Agrarpolitik. Vortrag auf der InVeKoS-Fachtagung Naturschutzfachliche Bewertung der EU-Agrarpolitik am 13.05.2009 in Bonn.
17. GORTON, M.; DOUARIN, E.; DAVIDOVA, S.; LATRUFFE, L., 2008: Attitudes to agricultural policy and farming futures in the context of the 2003 CAP reform: A comparison of farmers in selected established and new Member States, *Journal of Rural Studies* 24/3: 322–336.
18. KEMPA, D., 2012: Environmental services coupled to food products and brands: Food companies interests and on-farm accounting. *Journal of Environmental Management*, Special issue, (submitted).
19. Kompetenzzentrum Ökolandbau Niedersachsen (KÖN), 2012: Naturschutzberatung. URL: <http://www.oeko-komp.de/index.php?id=2470&languageid=1>. Datum 07.03.2012.
20. LAMNEK, S., 2005: Gruppendiskussion: Theorie und Praxis. Bd. 83/03, 2. Aufl., Beltz, Weinheim.
21. Landwirtschaftskammer Niedersachsen, 2009: Beratungsangebote. URL: <http://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/48/nav/0/article/11969.html>, Datum: 11.01.2012.
22. Landwirtschaftskammer Rheinland-Pfalz, 2009: Beratung und Einzelbetriebliche Förderung. URL: [http://www.lwk-rlp.de/layouts/beratung/content.jsp?jsessionid=e66a861337dc83591e3cd7fbc9a70e&kontext=kontext\\_1012&auswahl=2176&publicationlanguage=de](http://www.lwk-rlp.de/layouts/beratung/content.jsp?jsessionid=e66a861337dc83591e3cd7fbc9a70e&kontext=kontext_1012&auswahl=2176&publicationlanguage=de), Datum: 17.07.2011.
23. LEICHT, B., 2009: Faktoren für die erfolgreiche Gestaltung von Naturschutzberatung: Erkenntnisse aus einem rheinland-pfälzischen Modellvorhaben. Vortrag auf der Tagung Naturschutzberatung für Landwirte der Deutschen Vernetzungsstelle Ländliche Räume (DVS) am 08.06.2009 in Göttingen/Niedersachsen.
24. LUZAR, E. J.; DIAGNE, A., 1999: Participation in the next generation of agriculture conservation programs: the role of environmental attitudes, *Journal of Socio-Economics* 28/3: 335–349.
25. MANTE, J.; GEROWITT, B., 2008: A survey of on-farm acceptance of low input production in intensive agriculture, *Agronomy for Sustainable Development*, 28: 399–406.
26. MAYER, H. O., 2004: Interview und schriftliche Befragung - Entwicklung, Durchführung und Auswertung, 2. Aufl., Oldenbourg Verlag, München-Wien.
27. Mayring, P., 2001: Kombination und Integration qualitativer und quantitativer Analyse, *Forum qualitative Sozialforschung (FQS)*, 2/1, URL:<http://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/view/967/2111>, Datum 26.01.2012.
28. Naturschutzbund (NABU) und Deutscher Verband für Landespflege (DVL), 2009: Landwirtschaftliche Flächennutzung im Wandel – Folgen für Natur und Landschaft: Eine Analyse agrarstatistischer Daten. Studie im Auftrag des BfN, Bonn, URL: <http://www.nabu.de/themen/landwirtschaft/europaeischeagrarpolitik/11262.html>, Datum: 16.01.2012.
29. NIENS, C.; MARKGRAF, R., 2010: Handlungsempfehlungen zur Steigerung der Akzeptanz von Agrarumweltmaßnahmen: Ergebnisse einer Befragung von Landwirten und Landwirtinnen in Niedersachsen, *Berichte über Landwirtschaft*, Bd. 88, H. 1, S. 5–36.
30. OPPERMAN, R.; MEYERHOFF, E.; VAN ELSSEN, T., 2006: Naturschutzberatung für die Landwirtschaft – Einführende Beratermaterialien. BfN-Skripten 162, Bonn - Bad Godesberg.
31. PORST, R., 1998: Im Vorfeld der Befragung: Planung, Fragebogenentwicklung, Pretesting. Zentrum für Umfragen, Methoden, Analysen (Hrsg.), ZUMA-Arbeitsbericht 98, Mannheim.
32. Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU), 2004: Umweltgutachten 2004 des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen: Umweltpolitische Handlungsfähigkeit sichern. Deutscher Bundestag Drucksache, Berlin.
33. –, 2008: Umweltgutachten 2008 des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen: Umweltschutz im Zeichen des Klimawandels. Erich-Schmidt-Verlag GmbH & Co, Berlin.
34. –, 2009: Für eine zeitgemäße Gemeinsame Agrarpolitik (GAP). Aktuelle Stellungnahme Nr.14, URL: [http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04\\_Stellungnahmen/2009\\_11\\_Stellung\\_14\\_GAP.html](http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04_Stellungnahmen/2009_11_Stellung_14_GAP.html), Datum: 11.01.2012.
35. SCHULDT, M., 2005: Erfahrungen mit Agrarsoftware, Schwerpunkt Entscheidungsunterstützung: Ergebnisse einer Befragung von landwirtschaftlichen Beratern. BIOGUM-Forschungsbericht, FG Landwirtschaft Nr.14, Hamburg, URL: [http://www.uni-hamburg.de/fachbereiche-einrichtungen/biogum/fg\\_landwirtschaft\\_veroeffentlichungen.html](http://www.uni-hamburg.de/fachbereiche-einrichtungen/biogum/fg_landwirtschaft_veroeffentlichungen.html), Datum: 16.01.2012.
36. STOLL, S., 1999: Akzeptanzprobleme bei der Ausweisung von Großschutzgebieten - Ursachenanalyse und Ansätze zu Handlungsstrategien. Europäische Hochschulschriften 24, Peter Lang GmbH, Frankfurt am Main.

37. USHER, M. B.; ERZ, W., 1994: Erfassen und Bewerten im Naturschutz. Probleme – Methoden – Beispiele, Quelle & Meyer, Heidelberg, Wiesbaden.
38. VAN ELSSEN, T.; MEYERHOFF, E.; OPPERMAN, R.; WIERSBINSKI, N., 2006: Naturschutzberatung für die Landwirtschaft – Ergebnisse des 2. und 3. Trainingsseminars. BfN-Skripten 165, Bonn – Bad Godesberg.
39. –; KEUFER, E.; GOSSE, A.; DIENER, J., 2003: Naturschutzberatung für den ökologischen Landbau - eine Projektstudie zur Integration von Naturschutzziele auf Biohöfen. Bundesprogramm ökologischer Landbau des BMVEL. Witzhausen.
40. –; Gregor, F., 2007: Naturschutzberatung für den Ökologischen Landbau: Entwicklung und Optimierung von Beratungsansätzen für die Integration von Naturschutzziele auf Biohöfen. BÖL-Bericht 14919. URL: <http://forschung.oekolandbau.de>, Datum 07.03.2012.
41. VON HAAREN, C.; HÜLSBERGEN, K.-J.; HACHMANN, R.; BLUMENTRATH, S.; LIPSKI, A.; VOGEL, K.; WELLER, M.; SIEBRECHT, N.; WENSKKE, K., 2008: Naturschutz im landwirtschaftlichen Betriebsmanagement – EDV-Systeme zur Unterstützung der Erfassung, Bewertung und Konzeption von Naturschutzleistungen landwirtschaftlicher Betriebe, ibidem-Verlag, Stuttgart.

### Danksagung

Teile der vorliegenden Studie basieren auf Arbeiten, die im Rahmen eines Forschungsprojektes des Instituts für Umweltplanung der Leibniz Universität Hannover in Zusammenarbeit mit der Fachhochschule Neubrandenburg durchgeführt wurden. Daher möchte ich der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) als Förderer des Projektes und den Mitarbeitern der FH Neubrandenburg herzlich für ihre Unterstützung danken. Weiterhin danke ich MARTHA GRAF vom Institut für Umweltplanung für ihre Hilfestellung bei den Übersetzungen der Zusammenfassung.

*Autorenanschrift:* Dipl.-Ing. DANIELA KEMPA und Prof. Dr. CHRISTINA VON HAAREN, Institut für Umweltplanung der Leibniz Universität Hannover, Herrenhäuser Straße 2, 30419 Hannover, Deutschland

kempa@umwelt.uni-hannover.de

# Die Wahrnehmung des Begriffs „Massentierhaltung“ aus Sicht der Gesellschaft

Von MAIKE KAYSER, KATHARINA SCHLIEKER, ACHIM SPILLER, Göttingen

## 1 Problemstellung und Zielsetzung

Die Veredlungswirtschaft steht in Deutschland vor marktbezogenen und gesellschaftlichen Herausforderungen. Während zunehmende Exporterfolge auf eine Steigerung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit hinweisen, deuten vielfältige Indizien auf eine große Diskrepanz zwischen den Ansprüchen der Gesellschaft und der Branchenentwicklung hin. Die Herstellung sicherer und preiswerter Produkte reicht allein nicht mehr aus, um den Erwartungen der Gesellschaft gerecht zu werden. Diese Entwicklung zeigt sich nicht nur im Mediendiskurs (u. a. 4) und in zahlreichen Buchneuerscheinungen, die die Veredlungswirtschaft öffentlich unter Druck setzen, sondern auch konkret beim Boykott einzelner Unternehmen oder der Behinderung landwirtschaftlicher Bauvorhaben (u. a. 12).

Im Fokus der Kritik an der Veredlungswirtschaft steht bei nahezu allen Konflikten der Begriff „Massentierhaltung“. Kaum ein anderer Begriff aus dem Gebiet der Land- und Ernährungswirtschaft ist so omnipräsent, wenn moderne Produktionssysteme mit intensiver Tierhaltung diskutiert werden (vgl. 3).

In Deutschland etablierte sich der Begriff „Massentierhaltung“, nachdem die „Verordnung zum Schutz gegen die Gefährdung durch Viehseuchen bei der Haltung von Schweinebeständen“ aus dem Jahr 1975 auch unter der Bezeichnung „Massentierhaltungsverordnung“ bekannt wurde. Sie galt für Bestände ab 1250 Schweinen (11).

Wissenschaftlich ist der Begriff allerdings erstaunlich wenig behandelt, eine eindeutige Definition findet sich nicht (9). In einer gängigen Beschreibung heißt es wie folgt: „Intensivtierhaltung, auch Intensive Tierhaltung, Massentierhaltung oder landlose Tierproduktion, bezeichnet die technisierte Viehhaltung meist nur einer Tierart in Großbetrieben zur Gewinnung möglichst vieler tierischer Produkte. Die intensive Tierhaltung unterscheidet sich von der extensiven Tierhaltung durch eine geringere Flächennutzung und stärkere Nutzung anderer Produktionsfaktoren.“ (18).

Die FAO definiert intensive Tierhaltung bis Massentierhaltung als Systeme, in denen weniger als 10 % der Futtertrockenmasse dem eigenen Betrieb entstammen und in dem die Besatzdichte zehn Großvieheinheiten pro Hektar betrieblicher landwirtschaftlicher Nutzfläche übersteigt (8).

Dieser Artikel zielt jedoch nicht auf die naturwissenschaftliche bzw. produktionsorientierte Sicht auf den Begriff der „Massentierhaltung“ ab, sondern auf die gesellschaftliche Sichtweise. Besonders die hohe Relevanz in der öffentlichen Auseinandersetzung macht es notwendig, sich näher mit dem Verständnis der Verbraucher auseinanderzusetzen (5).

Die wenigen Forschungsarbeiten, die sich bisher mit dem gesellschaftlichen Verständnis des Begriffs „Massentierhaltung“ beschäftigen, heben auf die Wahrnehmung der Gesamt-tierzahl ab (vgl. 2; 13). Eine dezidierte wissenschaftliche Betrachtung des Begriffs „Massentierhaltung“ und den Vorstellungen der Gesellschaft von der intensiven Tiererzeugung liegt unseres Wissens bisher nicht vor.

Zielsetzung dieses Artikels ist daher die detaillierte Analyse der verschiedenen Verbraucherauffassungen des Begriffs „Massentierhaltung“. Der Begriff ist in den Medien

so dominant und so eindeutig negativ konnotiert (3; 10), dass eine detaillierte Analyse des Verbraucherverständnisses für jede Form der weiteren Kommunikation zwischen der Branche und der Öffentlichkeit notwendig ist. Die Studie liefert damit wichtige Basisgrundlagen für die in jüngster Zeit angestoßenen Initiativen zum verbesserten Dialog zwischen der Ernährungswirtschaft und der Gesellschaft [z. B. Wir produzieren Fleisch e. V., Kommunikationsinitiative der Bundesvereinigung der Deutschen Ernährungsindustrie (BVE), Runder Tisch des niedersächsischen Landwirtschaftsministeriums etc.], aber auch für weitere Forschungsarbeiten zum Themengebiet Öffentlichkeitsarbeit. Angesichts des extremen Kontrastes zwischen der Produktionsbedeutung [z. B. Anteil der extensiven Schweinehaltung an der Gesamtproduktion in Deutschland = 0,4 %, (6)] und der öffentlichen Diskussion bedarf es neuer Ansätze zur Auflösung der Divergenz.

## 2 Studiendesign

In der vorliegenden Studie sind 287 Konsumenten im August 2011 anhand eines standardisierten Fragebogens online befragt worden. Die Probanden wurden mithilfe eines privaten Panelanbieters rekrutiert.

Um Rückschlüsse auf die deutsche Gesamtbevölkerung ziehen zu können, wurden die Probanden anhand von soziodemografischen Quotenvorgaben (Alter, Geschlecht) ausgewählt.

Die zu bewertenden Statements und Merkmale wurden, um das Risiko eines Common Method Bias (vgl. 14) gering zu halten, auf verschiedenen Skalen (Likert-Skala, Ranking, Prozentangaben, Schieberegler) abgefragt. Überwiegend ist jedoch auf einer fünfstufigen Skala von -2 bis +2 gemessen worden. Die verwendeten Fragen wurden auf Basis einer Literaturstudie und von Expertengesprächen erstellt und einem Pre-Test mit 18 Probanden unterzogen. Die Realisierung erfolgte mit dem Programm Unipark der Globalpark AG.

Die Auswertung der Daten ist mit dem Statistik-Programm SPSS (IBM SPSS Statistics 19) vorgenommen worden.

Schwerpunkt der Auswertung waren die Assoziationen der Probanden mit dem Begriff der „Massentierhaltung“. Diese wurden zunächst ungestützt abgefragt und im weiteren

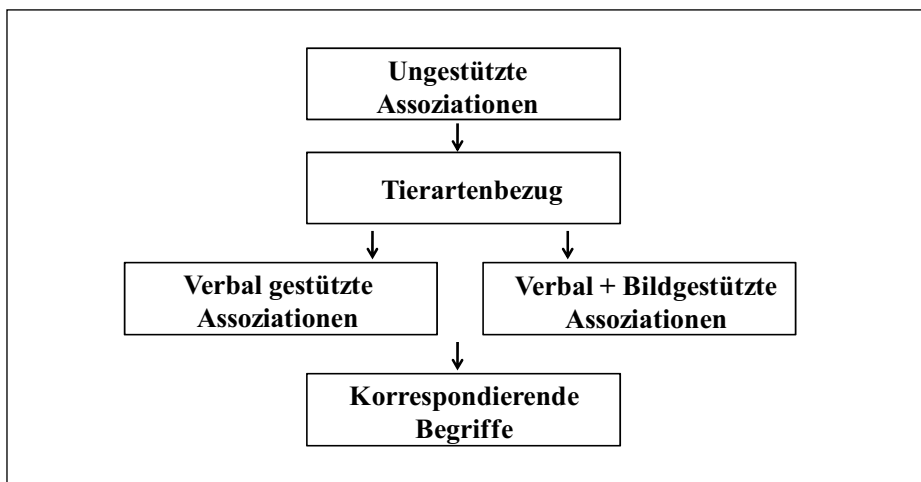


Abb. 1. Struktur der Auswertung

Quelle: Eigene Darstellung



Verlauf des Fragebogens sowohl verbal als auch bildgestützt ermittelt. Des Weiteren sollten die Teilnehmer der Befragung den Bezug einzelner Tierarten zur Massentierhaltung herstellen, um einen Vergleich zu ermöglichen. Schließlich wurden korrespondierende Begriffe (Intensivtierhaltung, Viehwirtschaft etc.) zur Massentierhaltung sowie weitere Begriffe, die für eine hohe Industrialisierung der Landwirtschaft stehen, durch die Probanden bewertet, um alternative Begriffe für die Branchenkommunikation aufzuzeigen. Die Struktur der Auswertung ist in Abbildung 1 veranschaulicht.

### 3 Stichprobenbeschreibung

Aufgrund der bereits erläuterten Quotenvorgaben ist das Geschlechterverhältnis sehr ausgeglichen, 53 % der Befragten sind weiblich und dementsprechend 47 % männlich. Das durchschnittliche Alter beträgt 47 Jahre, der älteste Teilnehmer der Studie ist 70 und der jüngste Teilnehmer 18 Jahre alt. Die meisten Probanden leben mit dem Partner zusammen (26,8 %), gefolgt von Singlehaushalten (24,4 %) und Paaren mit Kindern (23 %). Der größte Teil (39 %) befindet sich in einem Angestelltenverhältnis und besitzt entweder die mittlere Reife (38,3 %) oder das Abitur (40,8 %). Somit ist das Bildungsniveau der Stichprobe, im Vergleich zur Gesamtbevölkerung Deutschlands, als verhältnismäßig hoch anzusehen [vgl. Zahlen des Statistischen Bundesamts (15)].

Der Großteil der befragten Personen hat ein Nettohaushaltseinkommen zwischen 1000 und 2999 € im Monat (56,9 %). 17,8 % verdienen unter 1000 € und 25,2 % mehr als 3000 €.

Fast die Hälfte (47 %) der befragten Verbraucher hat einen Bezug zur Landwirtschaft durch Bekannte, Freunde oder Familienmitglieder, die in der Landwirtschaft tätig sind. Viele der Konsumenten haben schon einmal Urlaub auf einem Bauernhof gemacht (29 %), kaufen im Hofladen ein (28 %) oder kommen durch Nachbarn oder ein Hobby regelmäßig in Kontakt mit der Landwirtschaft (27 %). Insgesamt geben 25 % an, keinen Bezug zur Landwirtschaft zu haben, wobei hier der Anteil der Männer überwiegt. 32 % der Männer haben keinen Bezug zur Landwirtschaft, bei den Frauen sind es nur 18 %. Fünf Probanden (1,7 %) geben an, im Agrarbereich beschäftigt zu sein.

Sieben Probanden können aufgrund ihrer Angabe „nie“ Fleisch zu konsumieren, als Vegetarier bzw. Veganer angesehen werden. 40,3 % der befragten Verbraucher essen mehr als zweimal in der Woche Fleisch und 25,8 % konsumieren es täglich. Beim Konsum von Milchprodukten hat ein Proband geantwortet, diese „nie“ zu verzehren. 63,5 % dagegen verzehren täglich Milchprodukte. Bei der Wahl der Einkaufsstätte gibt es eine klare Tendenz zu Discounter-Supermärkten (Aldi, Lidl, Netto, Penny). 70,1 % der Befragten geben an hier „häufig“ bzw. „sehr häufig“ einzukaufen. Auffallend ist, dass dennoch die Hälfte der Probanden ebenfalls in Fachgeschäften (Bäckerei, Fleischerei, Delikatessengeschäft) einkauft. Bei der Frage, welche Eier (aus welcher Haltungsform) die Verbraucher kaufen, zeigt sich, dass 64 % „nie“ Eier aus Käfighaltung, hingegen aber 63 % der Konsumenten „(sehr) häufig“ Freiland Eier kaufen.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Ungestützte Assoziationen

Zu Beginn der Befragung wurden die Befragungsteilnehmer gebeten, drei Begriffe zu nennen, die sie mit Massentierhaltung verbinden (ungestützte Assoziationen). Bis auf wenige Ausnahmen äußerten die Verbraucher nur Negatives. In Abbildung 2 sind alle genannten Begriffe in Gruppen zusammengefasst. Dabei ist unterschieden worden, ob die Probanden

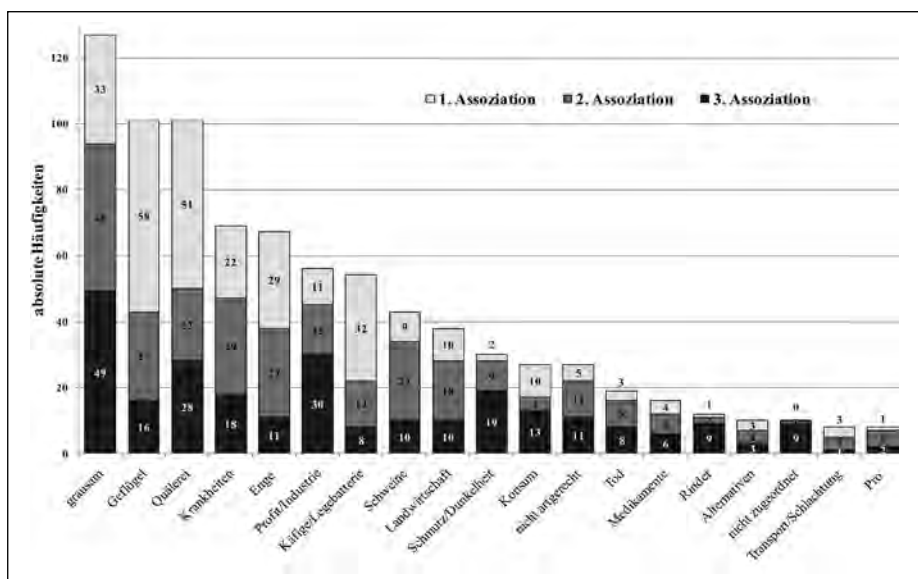


Abb. 2. Assoziationen mit dem Begriff „Massentierhaltung“

Quelle: Eigene Darstellung

den jeweiligen Begriff als erstes, zweites oder drittes genannt haben. Es sei darauf hingewiesen, dass die Zuordnung der genannten Begriffe zu den Gruppen qualitativ vorgenommen worden ist. Andere Zuordnungen bzw. die Bildung anderer Gruppen wären durchaus möglich gewesen. Die gewählte Einteilung scheint allerdings gut geeignet, um die generellen Assoziationen der Verbraucher mit dem Begriff „Massentierhaltung“ abzubilden.

Am häufigsten nannten die Verbraucher Begriffe aus der Gruppe „grauam“. Wie im Anhang in Tabelle A1 zu erkennen ist, enthält diese Gruppe die meisten Begriffe, bei denen es sich zu einem großen Teil um Adjektive mit ähnlicher Aussage handelt. Dahinter folgen die Gruppen „Geflügel“ und „Quälerei“. Hier sei angemerkt, dass Begriffe aus der Gruppe „Geflügel“ von den Probanden am häufigsten als erstes genannt worden sind. Bemerkenswert ist auch der hohe Rangplatz von „Quälerei“, da diese Gruppe nur aus Begriffen besteht, die explizit entweder „Qual“ oder „Quälerei“ beinhalten.

Mit deutlich weniger Nennungen folgen die Gruppen „Krankheiten“, „Enge“, „Profit/Industrie“ und „Käfige/Legebatterie“. Bei der Betrachtung der genannten Begriffe in diesen Gruppen ist auffällig, dass sowohl „Enge“ als auch „Käfige/Legebatterien“ auf einen eingeschränkten Lebensraum der gehaltenen Tiere fokussieren. Käfige und Legebatterien beziehen sich dabei direkt auf die Geflügelhaltung und wurden häufig als erstes von den Verbrauchern genannt. Begriffe, die auf Produktivität und Industrialisierung abzielen, wurden hingegen häufig als dritte Assoziation genannt.

Die weiteren Gruppen fassen Begriffe zusammen, die sich mit der Tierhaltung generell, den Effekten der intensiven Tierhaltung, weiteren Tierarten und dem Konsum allgemein auseinandersetzen und im Vergleich mit den erstrangierten Gruppen eher seltener genannt wurden.

Es bleibt festzuhalten, dass vor allem das geringe Platzangebot als Tierquälerei empfunden wird. Die größten Probleme sehen die Verbraucher in der Geflügelhaltung. Auch die Schweinehaltung wird häufig von den Befragten mit Massentierhaltung assoziiert, während die Rinderhaltung kaum mit „Massentierhaltung“ in Verbindung gesetzt wird.

## 4.2 Tierartenbezug

Dies zeigt sich auch in der Anzahl der gehaltenen Tiere pro Betrieb, ab der für die Verbraucher „Massentierhaltung“ beginnt. So gehen 90 % aller Verbraucher ab ca. 500 Rindern, 1000 Schweinen und 5000 Hähnchen von „Massentierhaltung“ aus. In Tabelle 1 sind weitere Kennzahlen aufgeführt.

Tabelle 1. Kennzahlen Tierarten

Tierart	Mittelwert	Median	Standardabweichung
	( $\mu$ )	(m)	( $\sigma$ )
<b>Rinder</b>	450,14	100	3 038,84
<b>Schweine</b>	1 279,92	100	13 733,32
<b>Hähnchen</b>	2 650,00	300	8 132,293

Quelle: Eigene Darstellung

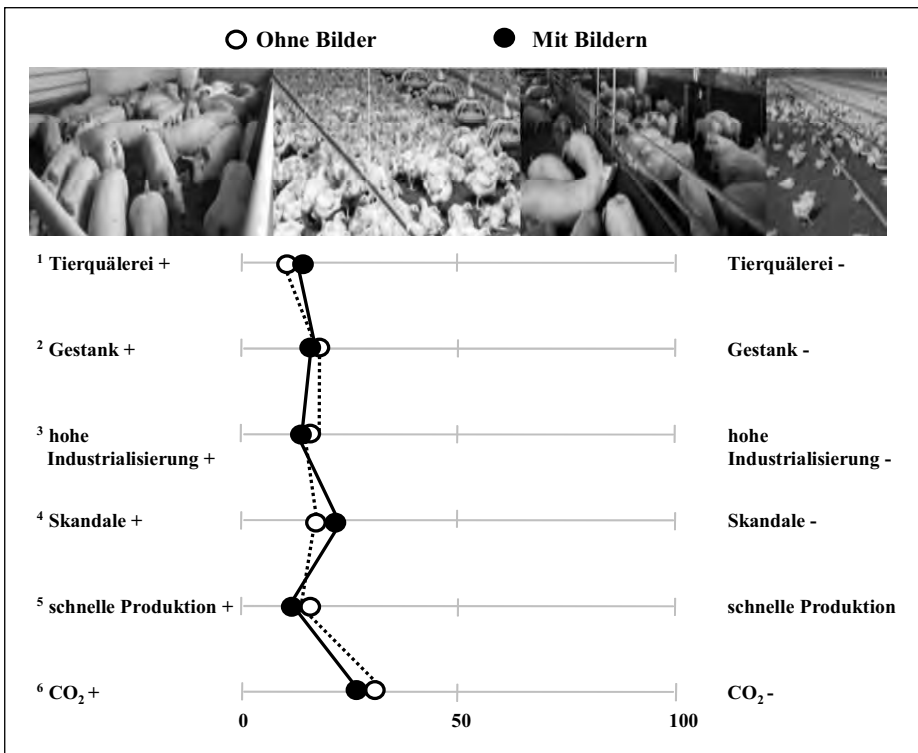
Beim Vergleich dieser Angaben mit den tatsächlichen Bestandsgrößen in Deutschland zeigt sich, dass die Verbrauchereinschätzungen unterschiedlich stark von der Realität abweichen. In Deutschland und auch im Hochverdichtungsraum Niedersachsen werden durchschnittlich 46 bzw. 59 Milchkühe pro Betrieb gehalten. Auch bei den Mastschweinen liegt der Schnitt von 294 Tieren in Deutschland bzw. 519 Tieren in Niedersachsen noch deutlich unter der „Massentierhaltungsgrenze“, auch wenn neue Schweinemastställe im Nordwesten mit 2000 bis 3000 Plätzen regelmäßig größer ausfallen. Beim Geflügel liegen die tatsächlichen Bestandsgrößen deutlich darüber. Durchschnittliche Tierzahlen von 14 900 Tieren pro Betrieb in Deutschland bzw. 35 100 Tieren in Niedersachsen sind daher für die Verbraucher schwer vorstellbar und kaum kommunizierbar (7).

Diese Unterschiede zwischen den Tierarten zeigen sich auch, wenn direkt danach gefragt wird, wie stark die Verbraucher eine einzelne Tierart mit Massentierhaltung in Verbindung bringen. Auf einer Skala von 2 = ausschließlich bis -2 = nie, zeigt sich, dass mit einem Mittelwert von 0,28 Mastbullen am wenigsten mit Massentierhaltung in Verbindung gebracht werden ( $\sigma = 1,082$ ). Auch für Milchkühe ist die Einschätzung ähnlich ( $\mu = 0,30$ ;  $\sigma = 1,002$ ). Im Bereich der Schweineproduktion fällt die Einschätzung der Verbraucher mit Mittelwerten von 0,71 bei Sauen zur Ferkelerzeugung ( $\sigma = 1,011$ ) und 1,38 bei Mastschweinen ( $\sigma = 0,757$ ) deutlicher aus. Die größte Verbindung sehen die Verbraucher allerdings beim Geflügel. Hier erreichen Puten einen Mittelwert von 1,19 ( $\sigma = 0,854$ ), Legehennen einen Mittelwert von 1,45 ( $\sigma = 0,707$ ) sowie Masthähnchen einen Wert von 1,51 ( $\sigma = 0,716$ ).

## 4.3 Gestützte Assoziationen

Bei den gestützten Assoziationen zum Begriff „Massentierhaltung“, die vor allem externe Effekte fokussieren, fällt auf, dass die Verbraucher diese zum Großteil annähernd gleichwertig mit dem Begriff der „Massentierhaltung“ in Verbindung setzen (siehe Abb. 3).

Den Verbrauchern stand eine Skala von null (Ja, sehr!) bis 100 (Nein, gar nicht!) zur Verfügung, auf der sie entscheiden sollten, wie sehr sie die aufgeführten Begriffe [Tierquälerei, Gestank, hohe Industrialisierung (Standardisierung/Automatisierung der Tierhaltung), Lebensmittel- und/oder Futtermittel-Skandale, schnelle Produktion, hohe



Signifikanzniveau: \* =  $p \leq 0,05$ , \*\* =  $p \leq 0,01$ , \*\*\* =  $p \leq 0,001$ ; <sup>1</sup> Gepaarte Differenz (Mittelwert) (GD): -4,26\*\*\*, Korrelation nach PEARSON (r): 0,62\*\*\*; <sup>2</sup> GD: 0,80, r: 0,59\*\*\*; <sup>3</sup> GD: 1,06, r: 0,56\*\*\*; <sup>4</sup> GD: -6,14\*\*\*, r: 0,64\*\*\*; <sup>5</sup> GD: 2,14, r: 0,46\*\*\*; <sup>6</sup> GD: 3,53\*, r: 0,77\*\*\*

Abb. 3. Weitere Assoziationen mit dem Begriff „Massentierhaltung“

Quelle: Eigene Darstellung

Klimabelastung durch Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) mit der Massentierhaltung verbinden. Lediglich bei der Kohlenstoffdioxid-Belastung urteilen die Verbraucher etwas neutraler und die Verbindung zur Massentierhaltung ist etwas schwächer ausgeprägt.

Um einen möglichen Einfluss von Bildkommunikation auf die Bewertung durch die Verbraucher zu testen, wurden die Verbraucher nach Konfrontation mit den in der Abbildung aufgeführten möglichst neutralen Bildern noch einmal gebeten, den Bezug der genannten Begriffe mit Massentierhaltung zu bewerten. Eine Beeinflussung durch eine zunehmende Beschäftigung der Probanden mit dem Thema „Massentierhaltung“ auf die erneute Bewertung ist nicht auszuschließen. Um den Effekt eines einzelnen Bildes abzuschwächen, wurden mehrere Bilder gezeigt. In einem t-Test zeigt sich, dass die Bilder lediglich bei den Begriffen „Tierquälerei“ (Gepaarte Differenz des Mittelwertes von -4,26) und „Skandale“ (-6,14) zu signifikant positiveren Bewertungen führten. Signifikant negativer wurde hingegen die Kohlenstoffdioxidbelastung (3,53) bewertet. Alle Begriffe korrelieren dabei stark auf höchst signifikantem Niveau.

Bei einer Trennung der Stichprobe nach dem Geschlecht der Probanden, konnte zudem festgestellt werden, dass Frauen im Mittel bei der Bewertung der Tierquälerei (\*\*\*), des Gestankes (\*\*\*) sowie bei den Skandalen (\*) und bei der CO<sub>2</sub>-Belastung (\*) signifikant kritischer als die männlichen Probanden sind.

#### 4.4 Korrespondierende Begriffe

Im Gegensatz zum Begriff „Massentierhaltung“, der wie beschrieben fast ausschließlich negative Assoziationen bei den Verbrauchern auslöst, werden weitere Begriffe, die im Zusammenhang mit einer auf Effektivität ausgerichteten Tierhaltung stehen, weitaus positiver bewertet (siehe Abb. 4).

Auf einer Skala von 2 = sehr positiv bis -2 = sehr negativ, ist insbesondere die Bezeichnung „konventionelle Tierhaltung“ mit einem Mittelwert von 0,93 ( $\sigma = 0,820$ ) bei den Verbrauchern positiv besetzt. Auch „moderne Tierhaltung“ ( $\mu = 0,34$ ;  $\sigma = 1,022$ ) und „Viehwirtschaft“ ( $\mu = 0,40$ ;  $\sigma = 0,910$ ) werden durchaus positiv bewertet. Hingegen rufen die Bezeichnungen „Intensivtierhaltung“ ( $\mu = -0,53$ ;  $\sigma = 1,108$ ), „Großbetrieb“ ( $\mu = -0,23$ ;  $\sigma = 0,928$ ) sowie „Agrarfabrik“ ( $\mu = -0,58$ ;  $\sigma = 1,103$ ) eher negative Assoziationen hervor.

Auch weitere Begriffe, die eine moderne Tierhaltung kennzeichnen, werden von den Verbrauchern differenziert beurteilt. So wird die „künstliche Besamung beim landwirtschaftlichen Nutztier“ ( $\mu = -0,15$ ;  $\sigma = 0,943$ ) genau wie „Melkroboter“ ( $\mu = -0,12$ ;  $\sigma = 1,094$ ) eher negativ bewertet. Die „automatische Fütterung in großen Stallanlagen“ ( $\mu = -0,01$ ;  $\sigma = 1,041$ ) wird dagegen eher neutral beurteilt, während „Klimaanlagen in großen Stallanlagen“ ( $\mu = 0,80$ ;  $\sigma = 0,905$ ) aus Verbrauchersicht positiv beurteilt werden.

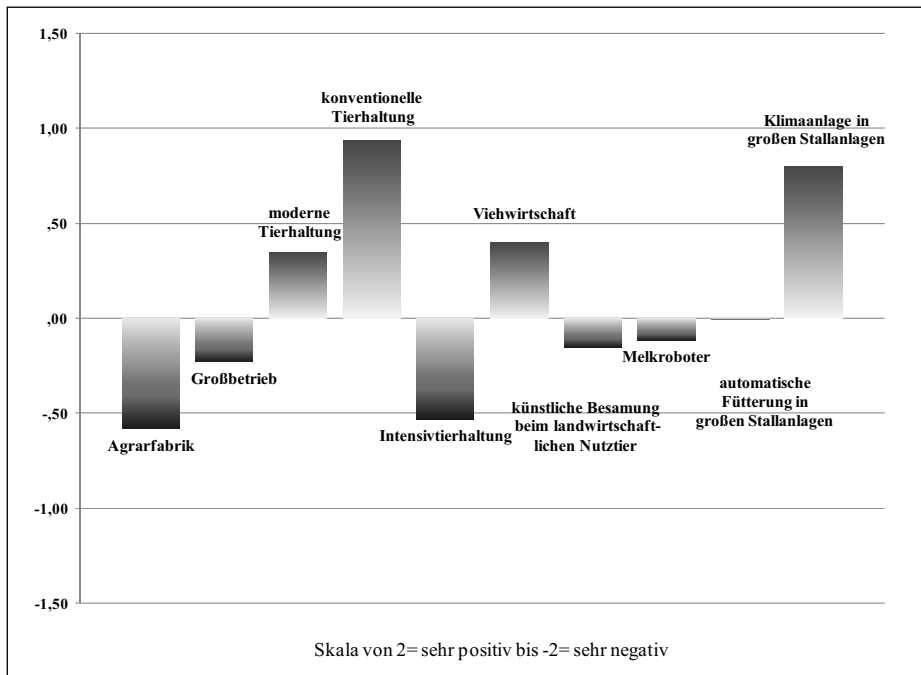


Abb. 4. Bewertung weiterer Begriffe

Quelle: Eigene Darstellung

## 5 Diskussion

Grundsätzlich lässt sich anhand der Verbraucherbefragung festhalten, dass in der deutschen Gesellschaft eine sehr negative Einstellung gegenüber dem Begriff der „Massentierhaltung“ besteht. Positiv zu bewertende Aspekte, wie eine Verbesserung der Stallhygiene (17), werden wenig bis gar nicht wahrgenommen.

Primär sehen die Verbraucher in der Massentierhaltung ein Tierwohlproblem. Ihre Kritik ist dabei sehr allgemein gehalten und verurteilt Massentierhaltung als Qualhaltung. Defizite in der Haltung werden vor allem an einem Platzmangel festgemacht.

Detaillierte fachspezifische Haltungskriterien, wie z. B. Spaltenböden, Kastenstall oder Volierenhaltung finden sich nicht in den Assoziationen der Verbraucher. Auch die aktuelle Antibiotika-Diskussion der Fachkreise wird von der Gesellschaft nur in geringem Maße aufgegriffen.

Auffällig sind weiterhin die unterschiedlichen Bewertungen der einzelnen Tierarten. Während vornehmlich die Geflügelhaltung in der Kritik steht, sei an dieser Stelle besonders auf das positive Image der Rinderhaltung und Milchproduktion hingewiesen. Als Grund kann möglicherweise eine verstärkte Sichtbarkeit der Produktion im Vergleich zur Schweine- oder Geflügelhaltung angenommen werden. Sind letztere fast gänzlich den Augen der Öffentlichkeit entzogen, haben in Deutschland beispielsweise noch 40 % der Milchkühe Weidegang (16).

Eine große Differenz zwischen den betrieblichen Realitäten und den Einschätzungen der Verbraucher zeigt sich in den Vorstellungen der Betriebsgrößen. Hier zeigen sich starke Abweichungen zwischen den Medianen und den Mittelwerten, die zudem mit hohen Standardabweichungen behaftet sind. Vor allem bei der Geflügelhaltung wird eine große Abweichung der Verbrauchervorstellung von der Handlungspraxis deutlich.

Diese gesellschaftliche Entwicklung wird die Veredlungswirtschaft in Zukunft nicht nur vor marktliche, sondern im Besonderen auch vor kommunikative Herausforderungen stellen. Die bislang von der Veredlungswirtschaft eingeschlagene „Low-Profile-Strategie“ mit einer geringen Öffentlichkeitsorientierung (1) wird den gesellschaftlichen Anforderungen auf Dauer nicht gerecht. Gerade auch was das „Wording“ von Begriffen betrifft, ist die Veredlungswirtschaft gefragt, stärker nach außen zu kommunizieren. Frühzeitig muss die Branche versuchen, ihre eigenen Begriffe medial zu platzieren, damit in Zukunft beispielsweise aus Eberfleisch nicht „Stinkefleisch“ oder aus Fleisch von immuno-kastrierten Tieren kein „Hormonfleisch“ werden.

Die Ansprüche der Gesellschaft steigen, nicht zuletzt durch medialen Druck, getrieben u. a. von NGO-Kampagnen. Ein intensivierter und ehrlicher Austausch mit der Öffentlichkeit ist daher unumgänglich, will die Branche in Deutschland keine weiteren Imageverluste hinnehmen.

### Zusammenfassung

Die deutsche Veredlungswirtschaft ist zunehmend im Fokus der öffentlichen Diskussion. Dabei bewegt sie sich in einem Spannungsfeld von marktlichen Anforderungen und gesellschaftlichen Erwartungen. Im Fokus der Kritik an der Veredlungswirtschaft steht vor allem der Begriff „Massentierhaltung“. Wissenschaftlich ist der Begriff bislang kaum behandelt worden. In einer Verbraucherstudie wird daher in diesem Artikel untersucht, welche Vorstellungen die Gesellschaft von dem Begriff der „Massentierhaltung“ hat. Die Ergebnisse zeigen, dass Massentierhaltung in der deutschen Gesellschaft keine Unterstützung erfährt. In erster Linie sehen die Verbraucher ein Tierwohlproblem, welches sich vornehmlich an einem geringen Platzangebot manifestiert. Die Geflügel- und die Schweinehaltung stehen dabei weitaus stärker in der Kritik als die Rinderhaltung. Fachdiskussionen um den Antibiotika-Einsatz in der Nutztierhaltung etc. werden von der Gesellschaft kaum aufgegriffen.

## Summary

### *Societal Perception of the Term “Mass Animal Husbandry”*

The German meat industry is increasingly the subject of public discourse. In view of this discourse, the industry faces the challenge of reconciling social ethics with market requirements. The main focus of the criticism is on the term “mass animal husbandry”. The term has to date been subject to very little scientific analysis. In this article, the societal perceptions of the term “mass animal husbandry” are explored via a consumer survey. The results show that “mass animal husbandry” is not supported by German society. The main problem seen by consumers concerns animal welfare considerations that arise due to the limited space available to animals. Poultry and pig production are criticised far more heavily than beef production. Expert discussions about the use of antibiotics in animal production etc. are barely picked up by society.

## Résumé

### *La perception du terme « élevage intensif » dans l'opinion publique*

Les activités de transformation en Allemagne font de plus en plus souvent l'objet d'un débat public. Le secteur est confronté au défi de répondre aux attentes de la société d'une part et de suivre les conditions de marché d'autre part. C'est le terme « élevage intensif » qui se trouve au centre du débat public. Jusqu'à présent, ce terme n'a guère reçu une attention scientifique. Le sondage des consommateurs présenté dans cet article analyse donc comment le terme « élevage intensif » est perçu par les consommateurs. Les résultats montrent qu'en Allemagne, l'élevage intensif ne jouit pas d'un soutien parmi les citoyens. Parmi les raisons évoquées par les consommateurs, on trouve d'abord des problèmes portant sur le bien-être animal, dont notamment le manque d'espace. Dans ce contexte, les élevages de volaille et des porcs sont beaucoup plus critiqués que l'élevage bovin. Cependant, les discussions des experts sur l'utilisation des antibiotiques dans l'élevage ne fait guère l'objet du débat public.

## Literatur

1. ALBERSMEIER, F.; SPILLER, A., 2009: Das Ansehen der Fleischwirtschaft: Zur Bedeutung einer stufenübergreifenden Perspektive. In: J. BOEHM, F. ALBERSMEIER und A. SPILLER (Hrsg.): Die Ernährungswirtschaft im Scheinwerferlicht der Öffentlichkeit. Lohmar, Eul Verlag. S. 213–250.
2. ALVENSLEBEN, R. v., 2003: Wie sieht der Verbraucher die Nutztierhaltung? Analysen – Perspektiven – Konsequenzen. In: Nutztierpraxis Aktuell (4). S. 50–55.
3. BÖHM, J.; KAYSER, M.; NOWAK, B.; SPILLER, A., 2010: Produktivität vs. Natürlichkeit – Die deutsche Agrar- und Ernährungswirtschaft im Social Web. In: M. KAYSER, J. BÖHM und A. SPILLER (Hrsg.): Die Ernährungswirtschaft in der Öffentlichkeit – Social Media als neue Herausforderung der PR. Göttingen, Cuvillier. S. 103–139.
4. –; –; SPILLER, A., 2010: Two Sides of the Same Coin? – Analysis of the Web-Based Social Media with Regard to the Image of the Agri-Food Sector in Germany. In: International Journal on Food System Dynamics 1 (3). S. 264–278.
5. CRONEY, C. C., 2010: Words Matter: Implications of Semantics and Imagery in Framing Animal-Welfare Issues. In: Journal of Veterinary Medical Education, 1 (37). S. 101–106.
6. DBV (Deutscher Bauernverband), 2009: Situationsbericht 2010. Trends und Fakten zur Landwirtschaft. Berlin.
7. Destatis, 2011: Viehbestand. URL: <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Navigation/Statistiken/LandForstwirtschaft/Viehbestand/Viehbestand.psml>. Stand: 09.01.2012.
8. FAO (Food and Agricultural Organization of the United Nations), 1995: World Livestock Production Systems. Current status, issues and trends. FAO Animal Production and Health. Paper 127.
9. MAYER, C., 2007: Wirtschaftlicher Faktor Massentierhaltung: Ethisch vertretbar? Studienarbeit. Nordstedt, Grin.
10. McCARTY, R., 2005: Consumers aware of factory farming; term creates negative impression. Research Briefs. S. 51–52. URL: <http://www.beefusa.org/uDocs/factoryfarming.pdf>. Stand: 20.01.2011.
11. MDR (Mitteldeutscher Rundfunk), 2011: Fakten zur Massentierhaltung in Deutschland. URL: [http://www.mdr.de/sachspiegel/ratgeber/massentierhaltung100\\_page-0\\_zc-5df43a4f\\_zs-5c88260d.html](http://www.mdr.de/sachspiegel/ratgeber/massentierhaltung100_page-0_zc-5df43a4f_zs-5c88260d.html). Stand 13.10.2011.
12. SCHLECHT, S.; ALBERSMEIER, F.; SPILLER, A., 2010: Eine Analyse medialer Frames bei Konflikten im ländlichen Raum – das Beispiel landwirtschaftlicher Bauvorhaben. In: M. KAYSER, J. BÖHM und A. SPILLER (Hrsg.): Die Ernährungswirtschaft in der Öffentlichkeit – Social Media als neue Herausforderung der PR. Göttingen, Cuvillier. S. 335–364.

13. SIES, S.; MAHLAU, G., 1997: Das Image der Landwirtschaft – Ergebnisse von Assoziationstests. Kiel.
14. SÖHNCHEN, F., 2009: Common Method Variance and Single Source Bias. In: S. ALBERS, D. KLAPPER, U. KONRADT, A. WALTER und J. WOLF (Hrsg.): Methodik der empirischen Forschung, Wiesbaden, Deutscher Universitäts-Verlag. S. 137–152.
15. Statistisches Bundesamt, 2009: Statistisches Jahrbuch 2009. Für die Bundesrepublik Deutschland. Wiesbaden.
16. top agrar, 2011: Noch 40 % der Milchkühe kommen auf die Weide. URL: <http://www.topagrar.com/news/Rind-News-Noch-40-der-Milchkuehe-kommen-auf-die-Weide-570852.html>. Stand: 02.04.2012.
17. WEINDLMAIER, H.; JANTKE, C.; UFFELMANN, W., 2008: Ansatzpunkte für die Umgestaltung der Wertschöpfungskette Fleisch unter den Prämissen Produktsicherheit, Qualitätserhaltung und Umweltfreundlichkeit. In: A. SPILLER und B. SCHULZE (Hrsg.): Zukunftsperspektiven der Fleischwirtschaft. Verbraucher, Märkte, Geschäftsbeziehungen, Göttingen, Universitätsverlag. S. 31–60.
18. Wikipedia, 2010: Intensivtierhaltung. URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Intensivtierhaltung>. Stand: 03.01.2011.

### Dank

Die Autoren danken dem Land Niedersachsen in Form des FAEN2-Verbundprojektes für die Ermöglichung dieser Studie.

*Autorenanschrift:* Dr. MAIKE KAYSER, M. Sc. KATHARINA SCHLIEKER und Prof. Dr. ACHIM SPILLER, Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Georg-August-Universität Göttingen, Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen, Deutschland  
mkayser@uni-goettingen.de



## Anhang

Tabelle A1. Begriffe in den Gruppen

Gruppe	Begriffe in der Gruppe
grausam	abartig, abschaffen, abstoßend, Aggression, Aggressionen, Angst, ärgerlich, ausbeuterisch, Bequemlichkeit, beschissen, bin nicht für Massenhaltung, brutal, dumm, einfach übelst, ekelhaft, eklig, Elend, entsetzlich, entwürdigend, Erniedrigung, extrem, Folter, gefällt mir nicht, geht gar nicht, geht nicht, gemein, Gewalt, grausam, Hoffnungslosigkeit, hohe Strafen für den Halter, Katastrophe, Leid, Leiden, man muss helfen, menschliche Erbärmlichkeit, Mitleid, müsste verboten werden, nicht gut, nicht in Ordnung, nicht nötig, nicht OK, nicht schön, nichts, Panik, pervers, respektlos, Respektlosigkeit, Sadismus, Sauerei, schade, Schande, scheiße, scheußlich, schlecht, schlechtes Gewissen, schlimm, schrecklich, Schweinerei, sinnlos, Skandal, sollte abgeschafft werden, Stress, traurig, überflüssig, unangenehm, Unding, unethisch, unfair, unfrei, ungepflegt, Ungerechtigkeit, ungesetzlich, “unglückliche” Tiere, unhygienisch, unmenschlich, Unmenschlichkeit, unzumutbar, unmoralisch, unsauber, unverantwortlich, unwohl, unwürdig, unzumutbar, unzumutbare Umstände, verachtend, Verachtung von Lebewesen, Verbrechen, widerlich, Wut und Entsetzen
Geflügel	Eier, Enten, Gänse, Hähnchen, Hähnchenfleisch, Huhn, Hühner, Hühnerfleisch, Hühnerhaltung, Hühner-KZ, Hühnermast, Legehennen, Puter, Stopfgänse, Truthahn
Quälerei	gequälte Tiere, Massentierquälerei, Qual, Qualen, Quälerei, quälerisch, Tierquälerei
Krankheiten	Blut, degenerierte Tiere, erhöhtes Krankheitsauftreten, Hühnerkrankheit, Hunger, Infektion, Kannibalismus, krank, krank machen, kranke Tiere, Krankheit, Krankheiten, Misshandlung, Misshandlungen, Qualzuchten, Salmonellen, Schmerz, Schmerzen, schmerzhaft, schnelle Krankheitsübertragung, Schweinegrippe, Seuchen, Seuchengefahr, Tierkrankheiten, Toxin, Überzüchtung, ungesund, Unterernährung, verletzen sich selbst, verletzte Tiere, Verletzungen, verwahrloste Tiere
Enge	auf engem Raum, eingepfercht, einsperren, eng, Enge, enge Haltung, enge Lebensverhältnisse, enge Ställe, Gedränge, Gefängnis, kein Platz, kleine Gehege, kleine Ställe, ohne Auslauf, Platz, Platzangst, Quadratmeter, überfüllt, wenig Platz, wenig Raum, zu wenig Platz
Profit/Industrie	Abfertigung, Betrug, billig, billige Nahrung, billiger, billiges Fleisch, billiges Putenfleisch, Billigfleisch, effizient, Egoismus, ertragreich, Gewinn, Gewinnmachung, Gewinnmaximierung, gewinnorientiert, Gewinnsucht, gierig, günstig, günstige Lebensmittelpreise, Industrie, Industriefleisch, industriell, Kosten, kostengünstiger, Massenproduktion, maximale Menge an Produkten, Menge, Preisdruck, Preise, Produktion, Profit, Profitgier, Profitmache, Profitmaximierung, Profitorientiert, Profitstreben, Tierindustrie, Überproduktion, wirtschaftlich, Wirtschaftlichkeit, Zwang

<b>Gruppe</b>	<b>Begriffe in der Gruppe</b>
Käfige/Legebatterie	Eier aus Käfighaltung, Eierlegebatterie, enge Käfige, enger Käfig, Gitter, Gitterroste, Hühnerkäfige, Käfig, Käfige, Käfighaltung, Käfighuhn, Käfigtierhaltung, kleine Käfige, Legebatterie, Legebatterien, Legefabrik, überfüllte Käfige, zu enge Käfige
Schweine	Ferkel, Mastschweinebetrieb, Schweine, Schweineaufzucht, Schweinefleisch, Schweinemast, Schweinezucht
Landwirtschaft	Bodenhaltung, Chemiefutter, Futter, Futterneid, Futterprobleme, Genfutter, Großbauer, große Ställe, keine Bauern, klimaschädlich, künstliche Nahrung, Landwirtschaft, Lebensraum, Masse, Massenhaltung, Massentierhaltung, Mast, mästen, Mästerei, schlechtes Futter, Stall, Tiere, Tierzucht, Treibhauseffekt, Umwelt, umweltgefährdend, viele Tiere zur Fleischgewinnung, wenig Futter, Zaun, Zucht
Schmutz/Dunkelheit	Abfallprobleme, Dreck, dreckig, dunkel und stickig, Dunkelheit, Geruchsbelästigung, Gestank, Gülle, kein natürliches Licht, Kot, künstliches Licht, Mäuse, ohne Sauerstoff, ohne Sonne, schlechter Geruch, Schmutz, schmutzig, verdreckte Ställe
Konsum	Ekelfleisch, Ernährung, essen, Essen, Fleisch, Fleischgewinnung, Fleischkonsum, Fleischverbrauch, Geschmacklosigkeit, kaufe ich kaum, Konsum, Konsumgesellschaft, Lebensmittel, Menschen wollen täglich Fleisch, minderwertig, minderwertiges Fleisch, Nahrung, niederwertig, Qualitätsverlust, schlechte Qualität, Überkonsum, Wohlstand
nicht artgerecht	arme Tiere, artungerecht, falsche Haltung der Tiere, gegen die Natur, kein artgerechtes Leben, keine tiergerechte Haltung, keine Tierhaltung, nicht artgerecht, nicht artgerechte Haltung, nicht tiergerecht, unnatürlich
Tod	Mord, sterben, Tiertod, Tod, tote Tiere, verendete Tiere, viele tote Tiere
Medikamente	Antibiotika, hoher Antibiotika-Einsatz, Hormone, Medikamente, zu viele Medikamente
Rinder	Kuh, Kühe, Milchvieh, Milchproduktion, Milch
Alternativen	Bio, Freiland, Neuland, Peta, Tierschutz, Tierschützer, Vegetarier
nicht zugeordnet	Arbeitslose, Fischzucht, Hunde, Pelze, Pelztierfarm, Reinhard Mey, schlag, Schwein-Kälbermast, Wahrnehmung, Zoos
Transport/Schlachtung	Schlacht, Schlachthof, Schweinetransport, Transport, Transporte, überfüllter Viehtransport, unnötige Transporte
Pro	artgerechte Haltung, artgerechte Tierhaltung, Hygiene, notwendig, Qualität, wichtig

Quelle: Eigene Darstellung

# **Macht als Koordinationsinstrument: Überlegungen für die Agrar- und Ernährungswirtschaft anhand von Winzergenossenschaften**

Von JON HENRICH HANF, VERA BELAYA und Dr. ERIK SCHWEICKERT, Geisenheim

## **1 Einführung**

Die deutsche Agrar- und Ernährungswirtschaft weist eine hohe Wettbewerbsintensität auf. Sie geht einher mit einem Strukturwandel und steigender Marktkonzentration auf den verschiedenen Stufen der Wertschöpfungskette. Dies führt zu einer zunehmenden Kundenorientierung, sowohl gegenüber Geschäftskunden als auch gegenüber Endkunden. Eine Stufe der Wertschöpfungskette, bei welcher man diesen Wandel sehr deutlich beobachten kann, ist der deutsche Lebensmitteleinzelhandel. Noch in den 1980er-Jahren konnte der Einzelhandel als „Erfüllungsgehilfe“ der Nahrungsmittelproduzenten und deren Marken betrachtet werden (62). Im Gegensatz dazu dominieren die Einzelhändler heute nicht nur den Zugang zum Konsumenten, sondern stellen darüber hinaus auch die Regeln auf dem Nahrungsmittelmarkt auf. Ein Grund für diese Entwicklung ist die zunehmende Marktkonzentration in diesem Sektor. Die zehn größten Einzelhändler besitzen derzeit über 90 % Marktanteil, was zu einem ausgeprägten Preiskampf führt. Um sich diesem etwas zu entziehen, wird heute von vielen deutschen Einzelhändlern eine Differenzierungsstrategie verfolgt. Diese äußert sich darin, dass eine Sortimentsdifferenzierung stattfindet. Hierbei werden ganz spezielle Kategorien und die damit verbundenen Produkte (zum Beispiel Weine, Champagner oder der Bereich „Obst und Gemüse“) ausgewählt und unternehmensspezifisch weiterentwickelt. Ein weiterer wichtiger Eckpunkt dieser Differenzierungsanstrengungen drückt sich im Aufbau eigener Handelsmarkenkonzepte aus. Diese Konzepte beziehen sowohl den Aufbau einer Dachmarke als auch den Aufbau von (dem Dachmarkenkonzept untergeordneter) Handelsmarkenkonzepten bestimmter Kategorien mit ein. Diese sind traditionell im Preiseinstiegssegment angesiedelt. Heutzutage werden aber immer öfter zusätzlich Premiumhandelsmarken geführt, bei denen die Konsumenten keine Unterschiede bzgl. der Eigenschaften (bspw. Qualitätsansprüche) zwischen den Handelsmarken und den Herstellermarken herleiten können. Insbesondere in den Kategorien, mit denen sich der Lebensmitteleinzelhandel (LEH) profilieren will (bspw. Wein, Obst und Gemüse) und in denen gleichzeitig wenige starke Herstellermarken vorhanden sind, musste der LEH jedoch aufgrund der jüngsten Skandale (z. B. falsche Bezeichnung teurer italienischer Weine; zu hohe Rückstände von Pestiziden in Obst und Gemüse) einsehen, dass sich die Markenführung einer Handelsmarke nicht nur auf das Abschöpfen von Gewinnen beschränkt, sondern als Markenartikler auch für die allumfassende Produktqualität verantwortlich ist. Aus Kundensicht bedeutet das, dass der Markeninhaber – in diesem Fall also das Handelsunternehmen – nicht mehr nur für die Qualität im engeren Sinne ihres Produktes verantwortlich ist. Darüber hinaus umfasst seine Verantwortung auch die vorgelagerten Stufen in der kompletten Lieferkette, inklusive der Qualität der Rohware bzw. Zutaten. Deshalb entwickeln sich immer mehr vertikal organisierte, streng koordinierte Organisationen entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Meist wird der Aufbau solcher Zusammenschlüsse von einem dominierenden Akteur (dem sogenannten „Ketten-

kapitän<sup>41</sup>) vorangetrieben, was dazu führte, dass die anderen Akteure von diesem mehr oder weniger stark abhängig sind (74). In der Fachliteratur werden solche Kettenorganisationen als strategische Netzwerke gekennzeichnet (37; 50), während die Zusammenarbeit als pyramidal-hierarchisch charakterisiert wird (46). Aus dieser Charakterisierung kann abgeleitet werden, dass es eines strategischen Managements bedarf, welches die zentrale Koordination aller Kapazitäten und Prozesse übernimmt. Dem Kettenkapitän als Initiator, Gestalter und Koordinator des Netzwerks obliegt somit diese Aufgabe, die anderen Unternehmen dazu zu bewegen, die Ziele der Kette zu verfolgen, selbst wenn diese Ziele konträr zu den eigenen Interessen sind. In der Fachliteratur geht man des Weiteren davon aus, dass es dem Kettenkapitän infolge der bestehenden Abhängigkeiten und Machtdivergenzen möglich ist, die Aufgabe der Steuerung der anderen Kettenunternehmen aufgrund der bestehenden Hierarchie durchzuführen. Dies kann zu einem vordergründigen Paradoxon führen. Auf der einen Seite muss der Kettenkapitän die Handlungen der einzelnen Unternehmen durch gezielte Einflussnahme auf einander abstimmen. Auf der anderen Seite darf diese Form der Machtausübung nicht dazu führen, dass die anderen Netzwerkteilnehmer ihre Bereitschaft zur Zusammenarbeit verlieren. Seit mehreren Jahrzehnten gibt es in der Wissenschaft viele Diskussionen über die positiven und negativen Effekte von Macht (18). Zusammengefasst können die Standpunkte über die Bedeutung und die Rolle von Macht in Kooperationen in zwei Gruppen eingeteilt werden. Die Anhänger der ersten Gruppe sehen Macht als größten Widersacher von Kooperation (31; 33; 49), bei dem es den Mächtigen erlaubt wird, andere zu kontrollieren und mehr Nutzen einzufordern (15; 8; 73) oder ihre Ergebnisse auf Kosten anderer zu maximieren, was zu Opportunismus der Partner führt (75). Dies zersetzt viele der Beziehungselemente, die für die Entwicklung von effektiven Kettenbeziehungen notwendig sind. Die Anhänger der anderen Gruppe sehen das Konzept von Macht nicht unbedingt negativ (21; 39). Es wird als zentrales Konzept angesehen, da die Fähigkeit, andere zu konditionieren (71) und notwendige Handlungen in Gang zu setzen, ohne emotionale Bindung ausgeführt wird, die durch Vertrauen entsteht (44). Diese Fähigkeit der Macht kennzeichnet sie als ein effektives Mittel zur Koordination und Förderung harmonischer Beziehungen, Konfliktbewältigung und Leistungssteigerung der gesamten Kette und seiner Mitglieder (5; 6; 2; 11; 14; 69).

Die oben aufgeführte Skizzierung der Diskussion zeigt auf, dass der Begriff der Macht nicht ausschließlich auf Marktmacht eingengt werden kann. Aber was ist „Macht“? Die wissenschaftliche Analyse dieses Themas zeigt, dass es keine eindeutige Antwort auf diese Frage gibt. Deshalb ist es ein wichtiges Ziel dieses Artikels, die Frage der Macht sorgfältig auszuarbeiten, um hieraus Hypothesen abzuleiten, die sich mit der Verwendung von Macht als Instrument zur Steuerung von vertikal koordinierten Ketten beschäftigen. Nach der Erklärung des Machtkonzepts und nach der Konzeptualisierung dessen allgemeiner Effekte auf streng koordinierte Ketten, wird dieses Hypothesenkonzept auf das Fallbeispiel der deutschen Weinwirtschaft angewandt. Infolgedessen ist es das zweite Hauptziel dieser Arbeit, die allgemeinen Untersuchungsergebnisse auf die Kette der Weinwirtschaft anzuwenden. Hierbei ist es notwendig, die Kräfteverhältnisse zwischen Genossenschaften und Einzelhändlern sowie zwischen Genossenschaften und ihren Mitgliedern zu analysieren und daraus „Macht“ als Managementinstrument zu diskutieren.

Die Vielschichtigkeit und Mehrdeutigkeit des Konstrukts „Macht“ als auch der explorative Charakter der Forschungsfrage legen es nahe, eine Expertenbefragung durchzuführen. Diese wurden im Zeitraum 2009 bis 2010 auf den fünf bedeutendsten Messen der internationalen Lebensmittel- und Getränkebranche (zweimal ProWein, Anuga, zweimal Fruit Logistica) durchgeführt. Zur Unterstützung dieser Ergebnisse wurde auf eine Umfrage bei Winzergenossenschaften zurückgegriffen<sup>2</sup>. Zusätzlich wurde eine umfangreiche Fachzeitschriftenanalyse der Lebensmittelzeitung sowie der Weinwirtschaft zu diesem Thema über den Zeitraum der letzten fünf Jahre durchgeführt.

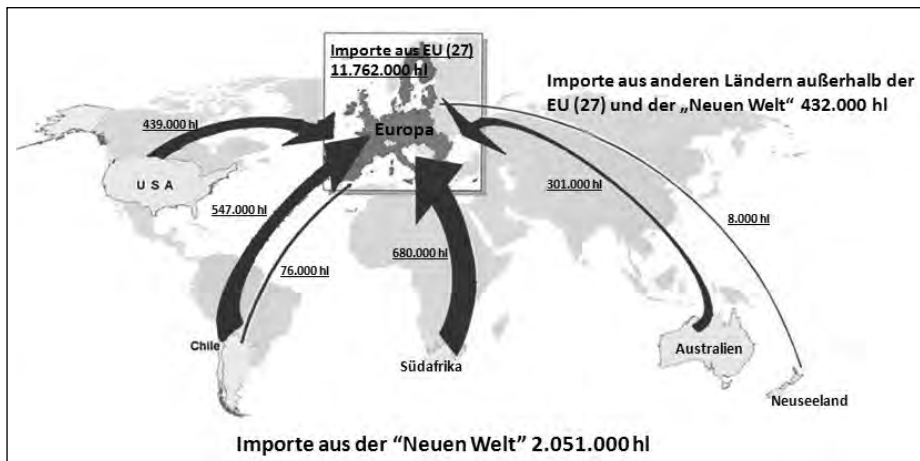


Abb. 1. Weinimport nach Deutschland 2008

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an DWI – Deutscher Wein, Statistik 2009/2010, S. 19

Die Struktur dieses Artikels gliedert sich deshalb wie folgt: Im folgenden Kapitel wird die deutsche Weinwirtschaft vorgestellt. Im dritten Kapitel wird der Begriff der Macht und seine Bedeutung für streng koordinierte Wertschöpfungsketten ausgearbeitet. Anschließend wird die Machtverteilung und deren Implikationen für die Weinwirtschaft anhand von Winzergenossenschaften in Deutschland diskutiert. Der Artikel schließt mit einer Zusammenfassung.

## 2 Die deutsche Weinwirtschaft und die Genossenschaften

Während in den 1980er-Jahren beim Weinabsatz noch die Direktverkäufe „ab Hof“ und die Einkäufe bei Fachhändlern für Wein und Spezialitäten dominierten, sind die heutigen drei Hauptvertriebskanäle Discounthandelsketten (40 % Marktanteil), Einzelhändler (30 % Marktanteil) und Direktverkäufe der Produzenten (19 % Marktanteil) (67). Der Zuwachs von Supermärkten und Discountketten ging Hand in Hand mit dem Aufstieg importierter Weine, insbesondere aus der „Neuen Welt“, hier vor allem Südafrika, Chile, USA, Australien, Argentinien, Neuseeland (siehe Abb. 1). Den dortigen Großproduzenten ist es möglich, große Weinmengen mit akzeptabler („trinkbarer“) Qualität zu niedrigen Kosten herzustellen. Außerdem zielten diese Produzenten von Beginn an auf den LEH als ihren Hauptabsatzweg und boten ihm die gewünschten Mengen, moderne IT und Lösungen im Bereich der Logistik an.

Im Gegensatz dazu ist die deutsche Weinwirtschaft immer noch sehr klein strukturiert. Von mehr als 34 375 Betrieben des Weinsektors kultiviert nahezu die Hälfte weniger als 1 ha und nur rund 2000 Winzer besitzen mehr als 10 ha. Die Mehrheit (rd. 51 000) der Winzer ist Mitglied in Genossenschaften (67).

Der rapide Zuwachs an Supermärkten und Discountern wurde durch einen Wandel im Konsumentenverhalten begleitet. Traditionellerweise wurde in Deutschland Wein überwiegend in den Weinanbaugebieten getrunken. Dieser Wein wurde hauptsächlich regional produziert und direkt vom Winzer oder von der örtlichen Genossenschaft gekauft. Heutzutage jedoch wird Wein in ganz Deutschland getrunken (einschließlich in den Regionen, in denen kein Wein angebaut wird). Der Großteil der Konsumenten sind keine „Heavy

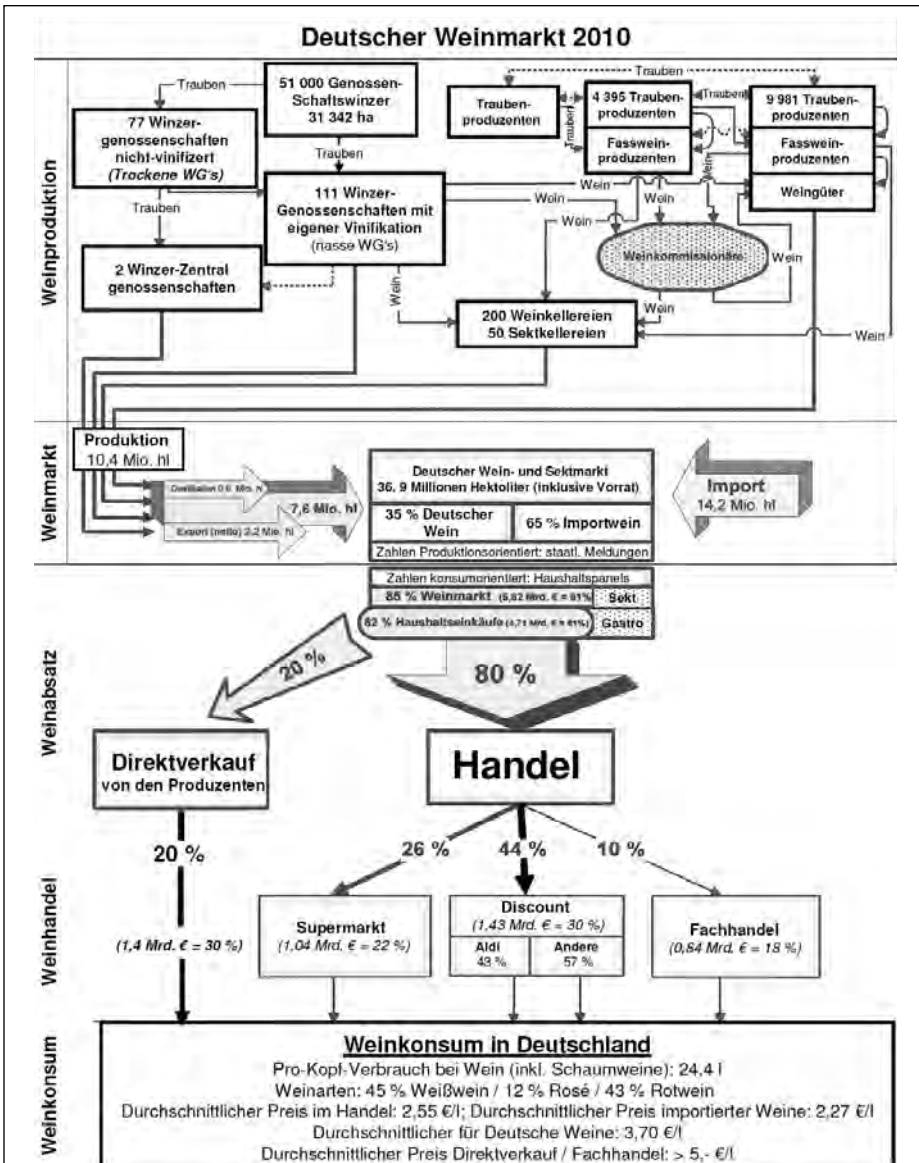


Abb. 2. Wine Chain 2010

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an: DWI – Deutscher Wein Statistik, verschiedene Ausgaben; DWI – Deutscher Wein Markt, verschiedene Ausgaben; DRV – Weinwirtschaftsjahr, verschiedene Ausgaben.

User“ mehr, sondern gelegentliche Weintrinker. Diese halten Ausschau nach unkomplizierten Signalen, wie der Reputation von Einzelhändlern oder Weinbauregionen oder -ländern, aber auch nach Marken, die Qualität kennzeichnen. Importierte Weine mit einfach zu verstehenden und asymmetrisch informationsreduzierten Etiketten konnten besonders von dieser Entwicklung profitieren (66). Darüber hinaus sind Einzelhändler als Kunden besonders interessiert an einem professionellen Supply-Chain-Management im Hinblick

auf Lieferzeitpunkt oder Mindestbestellmenge. Infolgedessen ist es nur sehr großen Weinerzeugern möglich, diese Nachfrage des LEH zu bedienen. Aus diesen Gründen können nur wenige deutsche Weingüter und Winzergenossenschaften die großen Einzelhändler auf nationaler Ebene versorgen.

Im Jahr 2010 produzierten Winzergenossenschaften 2,1 Mio. hl Wein, was sich auf über 31 % der gesamten Weinproduktion in Deutschland beläuft. Die Anbaufläche aller Mitglieder stieg auf 31 342 ha an, was etwa 31 % der gesamten deutschen Rebfläche umfasst. Im Speziellen betrifft das die Regionen Baden, Württemberg und Franken, in denen die Traubenproduktion von Teilzeitwinzern beherrscht wird und die Mitgliedschaft in Genossenschaften weit verbreitet ist. In diesen Regionen haben die Genossenschaften einen Marktanteil von fast 75 %. 2011 gab es 188 aktive Winzergenossenschaften. Nur 111 davon besaßen jedoch einen eigenen kellertechnischen Weinausbau (67) (vgl. Abb. 2).

Die Untersuchung des deutschen Weinmarkts hat gezeigt, dass Winzergenossenschaften eine spezielle Rolle innerhalb des Marktes einnehmen. Entsprechend ihrer Satzungen sind Winzergenossenschaften Selbsthilfeorganisationen für Winzer. Ihr Ziel ist es, die ökonomische Situation ihrer Mitglieder durch Zusammenarbeit in der Weinbereitung sowie der Vermarktung der Trauben und ihrer verarbeiteten Produkte zu verbessern. Dementsprechend ist die generelle Funktion von Winzergenossenschaften die Verarbeitung von Trauben und Most, die Vinifizierung (Fermentation, Klärung, Schönung und andere önologische Vorgänge im Weinkeller), die Flaschenfüllung und Vermarktung des Weins. Dadurch sind die Winzergenossenschaften unentbehrlich für die vielen nebenberuflichen Winzer (40).

Im Einklang mit dem generellen Genossenschaftssystem hat sich jeweils eine große, sekundäre „Zentralgenossenschaft“ in beiden Weinbauregionen in Baden und Württemberg etabliert, wo es 69 nicht-vinifizierende („trockene“) Genossenschaften gibt. Für diese fungieren andere vinifizierende („nassen“) Genossenschaften oder die Zentralgenossenschaft als kellertechnische Einrichtung, sodass solche Genossenschaften nur noch die Trauben ihrer Winzer annehmen. Die nicht-vinifizierenden Winzergenossenschaften erhalten dann ihren gefüllten und fertig ausgestellten Wein zurück und vermarkten diesen. Eine andere Aufgabe der Zentralgenossenschaft ist die Stabilisierung des Angebots. Deshalb liefern viele der vinifizierenden Winzergenossenschaften einen vertraglich festgelegten Anteil ihrer Ernte als Fasswein ab.

Traditionell setzen Winzergenossenschaften den weitaus größten Anteil ihrer Weine direkt an den Konsumenten oder an lokale Einzelhändler in der Nachbarschaft ab. Infolge des Wandels im Konsumentenverhalten und bei den Absatzkanälen müssen die Genossenschaften jedoch zur Vermarktung ihrer Weine nun auch andere Vertriebskanäle nutzen (36). Die Konfrontation mit den Anforderungen der großen Einzelhändler, wie der kontinuierlichen Belieferung auf nationaler Ebene, hat dann zu einigen strukturellen Anpassungen des Genossenschaftssektors geführt. Da die Mehrheit der nicht-vinifizierenden Winzergenossenschaften, aber auch viele vinifizierende Winzergenossenschaften, nicht über genügend große Mengen eines Weins verfügen und darüber hinaus die Finanzausstattung zur Marktbearbeitung eher gering ist, besitzen sie keine Absatzmacht. Dadurch gewannen die sekundären Zentralgenossenschaften an Bedeutung. Diese agieren meist weiter oben innerhalb der Wertschöpfungskette und verkaufen Flaschenwein von Winzergenossenschaften an Einzelhändler im ganzen Bundesgebiet. Durch ihre Zentralisierung und die Vermarktung großer Mengen ist es ihnen möglich, die Anforderungen der Einzelhändler nach großen Mengen eines Weins, in Kombination mit hohen Ansprüchen an die IT-Infrastruktur, zu bedienen (67). Im Allgemeinen vermitteln die Zentralgenossenschaften durch die Vermarktung des Weins und dem Kundenbeziehungsmanagement im ganzen Bundesgebiet zwischen den primären Genossenschaften und den Einzelhändlern. Dadurch können viele Winzergenossenschaften ihre Marketingbemühungen auf spezi-

alisierte sowie lokale Einzelhändler, Restaurants und den Direktverkauf konzentrieren. Das Problem der Winzergenossenschaften ist, dass im Regelfall derselbe Preis für die Trauben bezahlt wird, unabhängig davon, ob der aus diesen Trauben gewonnene Wein den geschmacklichen Qualitätskriterien des Konsumenten entspricht oder nicht. Meist determiniert als einziges Qualitätskriterium der Zuckergehalt (° Öchsle) und die daraus resultierende Einteilung in die sechs Prädikatsstufen das ausbezahlte Traubengeld an das Genossenschaftsmitglied (38). Daraus kann das Problem einer Negativselektion für die Genossenschaften entstehen. So kann z. B. eine Winzerfamilie ihre Rebfläche zwischen Vater (Genossenschaftsmitglied) und Sohn (Nicht-Genossenschaftsmitglied) so aufteilen, dass die Trauben mit eher minderer Qualität an die Genossenschaft abgeliefert werden und die Trauben mit eher besserer Qualität an andere, hauptsächlich private Unternehmen zu einem höheren Preis verkauft werden.

Des Weiteren haben Genossenschaften das Problem, dass die Winzer als Genossenschaftsmitglieder gleichzeitig Eigentümer und Lieferant der Genossenschaft sind. Dies bedeutet, dass Genossenschaften sowohl die Verarbeiter der angelieferten Trauben sind als auch gleichzeitig die Lieferanten, die die Genossenschaft besitzen. EILERS und HANF (24) umschreiben diese Problematik als doppelte Prinzipal-Agenten-Situation. In einer solchen Situation sind weder klare Führungsmechanismen noch übliche Auswahlbedingungen für die Lieferanten durchsetzbar: Die Mitglieder können Qualitäten anliefern, die alternative Händler nicht akzeptieren würden. Genossenschaften, die dazu gezwungen sind, diese Qualitäten zu akzeptieren, sind von dem Problem der adversen Selektion betroffen. Zusätzlich sind die Winzergenossenschaften mit anderen genossenschaftsspezifischen Problemen wie dem Trittbrettfahrer-Problem, Prognoseprobleme, Portfolio-Probleme, Kontrollprobleme und Kosten der Einflussnahme (13) konfrontiert.

Diese Umstände waren teilweise der Grund dafür, dass deutsche Einzelhändler ihre Zusammenarbeit eher mit privaten Weingütern statt mit Winzergenossenschaften ausbauten. Als z. B. der führende deutsche Discounter ALDI einen qualitativ hochwertigen Rot- und Weißwein anbieten wollte, schloss er eine Vereinbarung mit einem führenden Weingut in Baden (Keller, Oberbergen). Das Weingut erklärte sich bereit, eine bestimmte Menge zu einer vorgegebenen hohen Qualität über das ganze Jahr hinweg zu liefern. Zur Erfüllung dieser Vorgaben gründete das Weingut die Vitis GmbH, die mit einer Vielzahl von Traubenerzeugern kooperiert; insgesamt 16 Winzergenossenschaften, Weingüter und Privatkellereien mit 400 ha Rebfläche (2007 waren es 130 ha), was immerhin 2 % der Anbaufläche Badens entspricht. Die beteiligten Winzer – also auch die Mitglieder in den Genossenschaften – mussten dabei strikte Qualitätsvorgaben akzeptieren (z. B. Mindestalter der Rebstöcke, geringe Auspressquote von 55 hl/ha). Sie mussten ferner dem Önologen des Weinguts Keller die Möglichkeit einräumen, die Weinberge das ganze Jahr inspizieren zu können und waren an die Vorgaben bezüglich der gewünschten Weinbergsarbeiten gebunden. Nur so konnten sie ihre Trauben für das Projekt liefern (56; 57).

Diese Beispiel zeigt deutlich: Möchte man als Lieferant in den Absatzkanälen von vertikal koordinierten Einzelhändlern verbleiben, sind deren Anforderungen zu akzeptieren. Somit haben diese Einzelhändler die Macht, Entscheidungen und Prozesse ihrer Lieferanten zu beeinflussen. Unter diesen Umständen könnte also Macht durchaus als Schlüssel zu einem erfolgreichen Kettenmanagement bezeichnet werden.

### 3 Macht als Koordinationsmechanismus

Zahlreiche Studien haben gezeigt, dass Macht innerhalb eines Absatzkanals einen signifikanten Einfluss auf die Käufer-Lieferanten-Beziehung und die Leistung im Vertriebskanal ausübt (54; 52; 39; 53; 77; 76; 68). Die Machtbeziehung wirkt sich außerdem bei der



Entwicklung von Partnerschaften in der Form der „Macht-Abhängigkeits-Beziehung“ aus (48). Man ist sich einig, dass Macht ein zentrales Element beim Verständnis der Beschaffenheit von Lieferantennetzwerken sowie deren Struktur ist. Ebenso ist Macht bei der Implementierung von Strategien für Beschaffungswesen und Beschaffungsketten von großer Bedeutung (15; 17; 19; 43; 27; 30; 68). Insbesondere im Kontext von strategischen Netzwerken hat die Forschung gezeigt, dass die Rolle der Macht entscheidend ist, da ihre Interaktionen mit anderen Elementen der Beziehungsatmosphäre Kooperationen ernsthaft behindern können (15; 8; 73; 34; 14; 72; 75), obwohl andere Wissenschaftler Macht in Lieferketten nicht nur als negative Kraft ansehen (11; 39; 60; 69).

In der Fachliteratur gibt es keinen Zweifel daran, dass Macht einen sehr wichtigen Aspekt bei der Erforschung von Wertschöpfungskettennetzwerken und Absatzkanälen darstellt. Aber was ist „Macht“? Es scheint, als gäbe es jede Menge Unstimmigkeiten bei der exakten Definition. In der Tat ist das Problem bei der Definition von „Macht“, dass es viele verschiedene Definitionen und Konzeptualisierungen gibt (20). Autoren, die sich auf dieses Problem konzentriert haben, stimmen darin überein, dass Macht ein extrem beschwerliches, schwer fassbares, und subjektives Konzept (5; 3; 64), ein unklarer, schlecht definierter „primitiver“ Begriff (35) und eine schwer festzulegende Idee ist (12). Nach Durchsicht von rund 250 Definitionen von Macht in den Feldern Soziologie, Psychologie, Politikwissenschaft, Volkswirtschaftslehre, Management, Marketing und Supply-Chain-Management kommt man in Übereinstimmung mit CARTWRIGHT zu dem Schluss, dass viele Autoren ihre eigenen Definitionen „erfinden“, sodass diese ihren eigenen Bedürfnissen gerecht werden (10). Folgt man dabei dem Hinweis von BACHARACH und LAWLER, die ausführten, dass „wenn man Forschung betreibt um den Begriff der Macht erfassen zu können, müsse man ein konkreteres Phänomen oder eine Idee identifizieren, auf welches dieser primitive Begriff hinweist“, wird man sich auf Definitionen konzentrieren, die im Bereich der Supply Chain- und Absatzkanalliteratur vorhanden ist (1).

Die meisten Definitionen von Macht in Studien zu Absatzkanälen basieren auf der Definition von EL-ANSARY und STERN. Sie erklären Macht als „die Fähigkeit eines Mitglieds des Vertriebswegs, die Entscheidungsvariablen in der Marketingstrategie eines anderen Mitglied in einem gegebenen Kanal auf einem anderen Level im Vertrieb kontrollieren zu können“ (25, S. 47). Macht in Lieferketten ist definiert als „die Fähigkeit einer Unternehmung, Vermögen auf Märkten und Lieferketten zu besitzen und zu kontrollieren, die ihre Möglichkeit verbessert, Vermögenswerte durch fortwährende Nutzung der Kunden, Wettbewerber und Lieferanten zum eigenen Vorteil anzueignen und zu akkumulieren“ (16, S. 3). Das Konzept von entscheidenden Posten in Lieferketten basiert auf der Idee, dass einige Ressourcen als knapp oder einzigartig angesehen werden und dass die Kombination von hohem Wert, Einzigartigkeit und Knappheit besonders bei Ressourcen der Lieferkette zu einem entscheidenden Kriterium wird. HU und SHEU sahen Macht im Hinblick auf eine strategische Einflussquelle, die sich von einem Kettenmitglied hin zu einem anderen orientiert (41, S. 448). Daraus resultierend wird Macht als effektiv angewandtes Hilfsmittel zur Erreichung bestimmter Ziele durch die Nutzung von Einflussstrategien eingesetzt, sobald die Macht über eine andere Firma erlangt wurde (42; 63). Andere aktuelle Literatur zu Macht in Lieferketten und Absatzkanälen nutzt mehr oder weniger ähnliche Definitionen und formuliert Aspekte der Nutzung von Macht, um andere Firmen zu beeinflussen und auf eine gewünschte Art und Weise zu handeln, um ökonomische Gewinne zu erzielen (43), oder einfach, um sie dazu zu bewegen, Dinge zu tun, die sie normalerweise nicht tun würden (65) und eine große Menge Einfluss auf die anderen Mitglieder zu haben (9).

Eine Untersuchung all dieser Definitionen von Macht aus verschiedenen Blickwinkeln heraus lässt den Rückschluss zu, dass sich Macht generell auf die Fähigkeit, die Kapazität oder das Potenzial bezieht, andere etwas tun zu lassen. Also, im Streben nach den eigenen Zielen und Interessen gegen den Willen anderer ein Verhalten, Vorhaben, Entscheidungen

oder Handlungen anzuordnen, zu beeinflussen, zu bestimmen oder zu kontrollieren sowie Veränderungen einzuführen, Ressourcen zu mobilisieren, Strukturen zu restrukturieren etc. Alle Definitionen von Macht scheinen dabei ähnliche Begriffe zu nutzen und haben ein gemeinsames Leitmotiv.

FRENCH und RAVEN identifizierten fünf Arten der Macht: Bestrafungs-, Belohnungs-, Experten-, Legitimations- und Referenzmacht (29). Macht durch Bestrafung erlaubt es dem Einzelnen, andere zu bestrafen. Im Kontext der Lieferketten spiegelt es die Angst eines Netzwerkmitglieds wider, bei einer Nichterfüllung der Anforderungen der Kernunternehmung bestraft zu werden. Belohnungsmacht hängt von der Bereitschaft des Mächtigen ab, den anderen Belohnungen anzubieten. Falls eine Kernunternehmung Zugang zu Ressourcen hat, die für die anderen Akteure im Netzwerk von Wert sein könnten, kann er diese Akteure auf eine gewünschte Art und Weise handeln lassen. Expertenmacht leitet sich von den Fertigkeiten und dem Fachwissen, bezogen auf ein besonderes Fachgebiet, ab. In einem strategischen Netzwerk kann die Expertenmacht einer Kernunternehmung dadurch erreicht werden, dass die Netzwerkakteure glauben, man besitzt Fachwissen, welches für sie nützlich sein könnte. Legitimationsmacht stammt von dem legitimierten Recht der Beeinflussung und der Pflicht ab, diesen Einfluss zu akzeptieren. In diesem Fall hat die Kernunternehmung in den Augen der Netzwerkmitglieder das Recht, bestimmte Entscheidungen zu treffen. Da dieses häufig mit der eingenommenen Position in Verbindung gebracht wird, wird sie auch als Positionsmacht bezeichnet. Ein Beispiel stellt der aus der reinen Größe einer Firma abgeleitete Führungsanspruch dar. Referenzmacht beruht auf der Fähigkeit, für Andere attraktiv zu sein und hängt vom Charisma und den zwischenmenschlichen Fertigkeiten des Mächtigen ab. Im Kontext der Lieferketten wird diese Macht sichtbar, wenn andere Netzwerkakteure dem Netzwerk beitreten wollen (29).

#### **4 Hypothesen im Kontext von strikt koordinierten strategischen Netzwerken**

In der Literatur wurde herausgefunden, dass Macht durch Bestrafung zu einem negativen Effekt in einer Geschäftsbeziehung führen kann (7; 60; 4). Die Nutzung von Bestrafungsmacht hat deshalb einen negativen Effekt, da der schwächere Partner das Interesse an der Geschäftsbeziehung verlieren könnte. Einige Autoren sehen jedoch positive Effekte der Macht durch Bestrafung bei der Förderung von Koordination und bei der Entwicklung von stabilen Geschäftsbeziehungen (70; 2).

*H1:* Innerhalb eines strategischen Netzwerkes beeinflusst die spürbare Nutzung von Macht durch Bestrafung die Koordination auf positive Weise und die Kooperation auf negative Weise.

Die effektive Koordination von Handelsbeziehungen wurde als ein positiver Effekt von Legitimationsmacht beobachtet, die die Verteilung von Macht über die Zeit hinweg legitimiert (28; 47) und auf einen standardisierten Geschäftstypen angewendet wird, wie zum Beispiel Verträge (61; 55; 45). Die Fähigkeit, rechtskräftige Handlungen zu vollziehen, insbesondere rechtsgültige Sanktionen zu verhängen, könnte jedoch als Bestrafung wahrgenommen werden (32).

*H2:* Innerhalb eines strategischen Netzwerkes beeinflusst die spürbare Nutzung von Legitimationsmacht Koordination auf positive Weise und Kooperation auf negative Weise.

Referenzmacht wurde in Verbindung mit Zufriedenheit im Vergleich zu den anderen Machtquellen am besten bewertet (51). Da herausgefunden wurde, dass Kooperation stark mit Zufriedenheit korreliert (31; 21), ist anzunehmen, dass Referenzmacht die Entwick-

lung von Kooperation unterstützt. Referenzmacht könnte jedoch nicht ausreichend sein, um als Hilfsmittel der Zielerreichung zu dienen, da sie keine explizite Ausführung des gewünschten Verhaltens darstellt.

*H3:* Innerhalb eines strategischen Netzwerkes beeinflusst die spürbare Nutzung von Referenzmacht Koordination auf negative Weise und Kooperation auf positive Weise.

ETGAR legt dar, dass eine Quelle von Expertenmacht weniger effektiv sei, dass sie wenig flexibel sei und oftmals ohne Bezug auf spezifische Leistungen der Kettenmitglieder angesehen wird (26). Die Effektivität könnte außerdem mit der Zeit abnehmen. Jedoch wird Expertenmacht positiv wahrgenommen, wenn sie erbeten und dann gegeben wird. Eine kostenlose Beratung durch eine Agentur oder einen Berater kann bei einer Projektumsetzung als wertvoller Anreiz angesehen werden, den Mächtigen in ein Projekt zu involvieren (22).

*H4:* Innerhalb eines strategischen Netzwerkes beeinflusst die spürbare Nutzung von Expertenmacht Koordination auf negative Weise und Kooperation auf positive Weise.

Davon ausgehend, dass Macht durch Belohnung auch einen Teil von Bestrafung beinhaltet, beeinflusst Belohnungsmacht Koordination auf positive Weise, da sowohl Belohnung als auch Bestrafung einen raschen Wandel im Verhalten auslösen (23). Belohnungsmacht unterstützt jedoch auch die extrinsische Motivation, die dazu führt, dass man sich mit den Vorgaben einverstanden erklärt, um so positive Ergebnisse zu erreichen (77) und eine harmonische und beständige Handelsbeziehung zwischen den Organisationen aufbauen zu können (32).

*H5:* Innerhalb eines strategischen Netzwerkes beeinflusst die spürbare Nutzung von Macht durch Belohnung Koordination und Kooperation auf positive Weise.

## 5 Macht in der Weinwirtschaft

Nachdem nun das Konstrukt von „Macht“ verdeutlicht und Hypothesen im Hinblick auf strategische Netzwerke formuliert wurden, muss konstatiert werden, dass die Ausarbeitung der tatsächlichen Machtverteilung in einer Lieferkette – zum Beispiel der Weinkette – eine große Herausforderung ist. Eine Reduzierung der Diskussion auf den Marktanteil bestimmter Marktteilnehmer und den Vergleich derer Positionen wird dem nicht gerecht. Um dieser anspruchsvollen Aufgabe gerecht zu werden, wurde im folgenden Absatz zuerst die Machtverteilung innerhalb der Beziehung von Einzelhändlern und Genossenschaften betrachtet. Danach folgt die Darstellung der Machtverteilung zwischen Genossenschaften und ihren Mitgliedern. Zur Evaluierung der Hypothesen wurden zwölf Interviews mit Betriebsleitern der führenden Unternehmen der deutschen Weinwirtschaft geführt. Ferner wurden die Geschäftsführer der Top-Fünf-Einzelhändler auf den drei größten Nahrungsmittel- und Getränkemessen im Jahre 2009 befragt. Des Weiteren wurden auf diesen Messen Interviews mit Geschäftsführern von Weinfachhändlern, Winzergenossenschaften und Beratern mit dem Spezialgebiet des Supply-Chain-Managements in der Weinwirtschaft geführt. Die mündlichen Interviews waren unstrukturiert und dauerten ca. 30 Minuten. Zur Vorbereitung auf die Tiefeninterviews wurden aus den letzten fünf Jahren die relevanten Zeitschriftenartikel zu diesem Thema in der *Lebensmittelzeitung* sowie in der *Weinwirtschaft* studiert. Im Rahmen der Vorbereitung auf die Gespräche wurden außerdem die Ergebnisse einer vergangenen Studie herangezogen.

## 5.1 Einzelhändler – Genossenschaften

Die Durchsicht der Zeitungsartikel hat gezeigt, dass Einzelhändler in Deutschland die Sparte Wein und Champagner dazu nutzen, um ihre Dachmarke aufzuwerten (58; 59). Ein Einzelhandelsmanager stellte dar, dass seiner Meinung nach Weine von deutschen Winzergenossenschaften im Allgemeinen nicht über die Bekanntheit der Genossenschaftsmarke verkauft werden. Auf diese Weise, führte er fort, nehmen sie an, dass, falls ein Konsument Wein in einem Supermarkt kauft, der Einzelhändler für die Produktqualität haftbar gemacht wird. Ein Experte fügte im Hinblick auf Discounter hinzu, dass Weingüter und Winzergenossenschaften höchstwahrscheinlich nicht klar erkannt werden wollen und so für den Konsumenten unbekannt bleiben werden. Dies bedeutet, dass der Verbraucher, wenn ihm die Qualität des Weines nicht gefällt (bspw. Geschmack, Korkschmecker) den Einzelhändler und nicht den Produzenten für diesen Fehler verantwortlich macht. Demzufolge steht die Marke des Einzelhändlers (Reputation) für die Qualität aller Produktions- und Vertriebschritte. Entsprechend wird der Einzelhändler, aus eigenem Interesse heraus, entlang der gesamten Liefer- und Produktionskette Qualitätskontrollen installieren. Ein anderer Einzelhandelsmanager führte aus, dass die Supermarktkette durch ihre Qualitätsverantwortlichkeit über die Fähigkeit verfügt, Entscheidungen und Handlungen ihrer Lieferanten im Interesse des Supermarkts beeinflussen zu können. Einige Geschäftsführer von Genossenschaften gaben an, dass von Einzelhändlern schon die Drohung einer Auslistung in den Raum gestellt wurde. Dadurch ist anzunehmen, dass die pyramidisch-hierarchische Netzwerkstruktur besonders den Einzelhändlern Macht durch Bestrafung gibt. Die Einzelhandelsmanager stimmten zu, dass eine Bedrohung ein besonders effizientes Hilfsmittel sei, bei den Lieferanten eine zielgerichtete Ausrichtung ihrer Handlungen zu erreichen, zum Beispiel die rechtzeitige Lieferung. Zugleich gab aber auch ein Geschäftsführer einer Genossenschaft an, dass er aufgrund der häufigen Bedrohungen die Zusammenarbeit mit dem Einzelhändler so schnell wie möglich beenden wolle. Ein weiterer Insider berichtete, dass es Fälle gab, in denen Genossenschaften von den Einzelhändlern über bessere Konditionen dazu gebracht worden sind, in spezielle Software zu investieren. Voraussetzung hierfür war jedoch, dass bereits EDI implementiert war. Sowohl Einzelhandelsmanager als auch Genossenschaftler gaben zu Protokoll, dass in diesen Fällen sowohl die Koordination als auch die Bereitschaft zur Kooperation stieg. Ein Interviewter sagte, dass Einzelhändler starke Marktpositionen für sich beanspruchen und es sich aus diesem Grund verbieten würde, mit ihnen über ihre Anforderungen zu diskutieren. Diese Einschätzung wurde von einigen anderen Geschäftsführern und Experten geteilt. Alle gaben jedoch an, dass sie die Machtposition des Einzelhändlers weder motiviere, enger mit ihnen zusammenzuarbeiten, noch bei den Koordinationsanstrengungen unterstütze. Alle stimmten der Meinung zu, dass, seit die Einzelhändler intensiv mit den Konsumenten interagieren, sie über ein sehr großes Wissen der Anforderungen und Wünsche der Konsumenten verfügten und deshalb ihren Lieferanten genau vorgeben könnten, zu welchen speziellen Vorgaben sie produzieren sollen. Das zeigt, dass die Einzelhändler durch Expertenmacht dazu imstande sind, die Handlungen ihrer Lieferanten zu beeinflussen. Dabei deutete keiner der Befragten an, dass diese Bemühungen einen negativen Einfluss auf die Kooperationsbereitschaft haben könnten. In einigen Fällen lenkten Einzelhändler mit hoher Reputation (besonders herausgehoben sind dabei die Weinfachhändler) mit dem Instrument der Referenzmacht. In diesem Fall hoffen die Winzergenossenschaften vom hohen Ansehen der Einzelhändler zu profitieren.

Zieht man ein Zwischenfazit, lässt sich festhalten, dass Einzelhändler die verschiedenen Quellen bzw. Machtarten nutzen, um die Beziehung zu ihren Lieferanten (hier den Winzergenossenschaften) nach ihren Vorstellungen auszugestalten. In Übereinstimmung mit der allgemein formulierten Hypothese konnte aufgezeigt werden, dass die Nutzung

von verschiedenen Machtquellen auf unterschiedliche Weise auf die Anpassung von Handlungen (Koordination) und Interessen (Kooperation) einwirkt. Hierbei lässt sich festhalten, dass insbesondere Hypothese 1 zutrifft. Dieses geschieht in der Form, dass Einzelhändler momentan hauptsächlich Macht durch Bestrafung nutzen, was zwar effizient in der Koordination der Lieferkette ist, aber die Zusammenarbeit zwischen Einzelhändlern und Lieferanten verschlechtert.

## 5.2 Sekundäre (Zentral-) Genossenschaften – Primäre Genossenschaften – Mitglieder

Betrachtet man die Ergebnisse der durchgeführten Interviews, lässt sich konstatieren, dass ein entscheidendes Kriterium zur Belieferung des Einzelhandels – insbesondere zur Belieferung des LEH – die kontinuierlich lieferbare und ausreichende Menge darstellt. Somit sind für den deutschen LEH hauptsächlich große Kellereien aus dem In- und Ausland sowie große in- und ausländische Genossenschaften die wichtigsten Lieferanten. Betrachtet man die deutschen Kellereien und Genossenschaften, stellt man fest, dass nur eine überschaubare Anzahl die Lieferbedingungen des LEH erfüllt. Letztendlich sind nur wenige große Primär-Genossenschaften und die beiden Zentralgenossenschaften in der Lage, diese zu erfüllen. Dennoch haben die Experten unisono erklärt, dass sie nicht erkennen können, dass die Genossenschaften aus ihrer Position Profit ziehen. Daraus wird geschlossen, dass, obwohl Genossenschaften zwar eine gewisse Positionsmacht einnehmen könnten, diese jedoch in der heutigen Praxis nicht ausgefüllt wird. Im Kontext der Expertenmacht erklärten die Handelsmanager, dass sie darauf angewiesen seien, dass ihre Lieferanten über eine anspruchsvolle IT-Infrastruktur und das damit verbundene Fachwissen verfügen. Auch in diesem Kontext sahen sie abermals nur die sekundären (und wenige große primäre) Genossenschaften im In- und Ausland als auch deren privatwirtschaftliche Pendanten zu den großen Kellereien als geeignet an. Die durch den stetig steigenden Bedarf an IT und Fachwissen verbundene Kostenentwicklung könnte es den sehr großen Genossenschaften ermöglichen, kontinuierlich Expertenmacht aufzubauen. Insgesamt scheint es so, als würden die sekundären Genossenschaften und einige große primäre Genossenschaften mehr Macht erlangen. Betrachtet man die Konzepte Belohnungs- und Bestrafungsmacht, kommen sowohl die Geschäftsführer von Genossenschaften als auch Experten zu dem Ergebnis, dass aufgrund der inneren Verwaltungsstruktur der Genossenschaften diese über einen hohen Grad an Belohnungsmacht und einen geringen Grad an Bestrafungsmacht verfügen. Die Geschäftsführung kann sehr leicht ein Belohnungssystem implementieren, aber es wird ihr schwerfallen, ein Kontroll- oder Sanktionierungssystem einzuführen, welches die eigenen Besitzer trifft.

Die befragten Einzelhandelsmanager und Genossenschaftler sowie die Experten stimmten überein, dass sich die Ansprüche an die Qualität stark verändert haben. Während in „früheren Zeiten“ die Qualität des Weins ausschließlich durch den Weinbereitungsprozess in der Genossenschaft bestimmt wurde, ist heute die Herstellungsmethode der Trauben – z. B. die Weinbergsarbeiten – ein weiteres Schlüsselement der Weinqualität; d. h., die Genossenschaft muss ihre Mitglieder dazu bewegen, nach den Vorgaben der Genossenschaft bzw. der Einzelhändler zu produzieren. Zur Erreichung einer höheren Qualität im Prozess der Traubenverarbeitung haben die Genossenschaften zwei Möglichkeiten. Zum einen gibt es die Mittel der Bestrafung, wie Sanktionen oder Auszahlungsreduktionen bei der Traubenlieferung. Die zweite Alternative ist, auf ihre Genossenschaftswinzer zuzugehen und ihnen Hilfe bei der Außenbewirtschaftung anzubieten. In einer früheren Studie wurden 60 „nasse“ (Wein produzierende und vermarktende) Winzergenossenschaften befragt, die folgendes Ergebnis lieferte (s. Tab.).

Tabelle. Angewandte Instrumente zur Verbesserung der Weinqualität

	Hektar	Öchsle	Bonitur	Mitgliedergruppe	Mitgliedergruppe
N gültig	60	60	60	60	60
fehlend	0	0	0	0	0
Mittelwert	2,22	1,82	3,00	2,08	1,97
Modus	1	1	5	1	1
Std.-Abweichung	1,606	1,408	1,657	1,565	1,507
Spannweite <sup>a)</sup>	4	4	4	4	4
Minimum	1	1	1	1	1
Maximum	5	5	5	5	5

<sup>a)</sup> Keine Genossenschaft wählte die Bewertung 3 = "weiß nicht"; alle haben Position bezogen

Quelle: eigene Daten

Nach den Ergebnissen dieser Umfrage bildete bei 71,7 % der Winzergenossenschaften das Auszahlungsinstrument „Ertrag pro ha“ die Grundlage der Traubengeldauszahlung. Die Vergütung auf Basis dieser Maßnahme führt dazu, dass die Genossenschaftswinzer das Ertragspotenzial der Reben nicht zu sehr ausnutzen und somit höhere Weinqualitäten resultieren. Da der Wert des Auszahlungsinstruments „Durchschnittliche Grad Öchsle“ mit 1,82 unterhalb des Werts des Auszahlungsinstruments „Ertrag je ha“ lag, wenden Winzergenossenschaften (80 %) dieses Auszahlungsinstrument öfter an. Ein Grund dafür ist der selbstfinanzierende Charakter dieses Auszahlungsinstruments. Die Winzer erhalten ihre Traubengeldauszahlung zu einem Zeitpunkt nach der Weinlese. Dann sind für jede Rebsorte die durchschnittlichen Grad Öchsle (Zuckergehalt der Trauben) ermittelt. Dieser Mittelwert wird als 100 % gesetzt. Werden nun Trauben angeliefert, die über diesem Wert liegen, erhalten diese Genossenschaftswinzer Zuschläge in Abhängigkeit der Höhe der Abweichung von 100 %. Entsprechend wird Winzern, deren Trauben unterhalb der Durchschnittsöchsle liegen, ein geringerer Preis ausgezahlt. Somit finanzieren die Genossenschaftsmitglieder die Trauben mit den geringeren Öchslegraden liefern die Zuschläge, die an die Genossenschaftsmitglieder mit den höher gradigen Trauben gezahlt werden.

Das am wenigsten genutzte Auszahlungssystem war die Negativbonitur der Trauben vor der Presse. Nur 54 % der befragten Winzergenossenschaften nutzten diese Methode der negativen Selektion, bei Trauben, deren optischer Gesundheitszustand nicht dem Minimalstandard entspricht, nicht abgepresst werden und vom Genossenschaftsmitglied zu entsorgen sind. Als Grund für die eher seltene Anwendung dieses Instruments wird von den befragten Geschäftsführern der Genossenschaften übereinstimmend angeführt, dass die negative Traubenbonitur kein Anreizsystem darstelle und der aus der Nichtannahme resultierende negative Effekt von vielen Genossenschaftswinzern nach einem Jahr harter Arbeit im Weinberg oft nicht akzeptiert werde bzw. zu internem Unfrieden in der Genossenschaft führen würde.

Als Reaktion auf steigende Qualitätsanforderungen haben Winzergenossenschaften angefangen, freiwillige Programme zu etablieren, die darauf abzielen, dass der Teil der Mitglieder, welcher eine höhere Traubenqualität nach den Vorgaben der Genossenschaft produziert, besser gestellt wird. Diese Programme können in zwei Gruppen unterteilt werden:

- a) offene strategische Mitgliedergruppen und
- b) geschlossene strategische Mitgliedergruppen.

Bei 73,3 % der analysierten Genossenschaften wird das Instrument der sogenannten „offenen strategischen Mitgliedergruppe“ angewandt. Hierbei bieten die Genossenschaften ihren Winzern sowohl die Option der Bewertung der Trauben schon während des Jahres, als auch grundlegende Programme wie zum Beispiel professionelle Trainings- und Fachseminare an. Außerdem werden Boni für Trauben ausgezahlt, die die festgesetzten Maßstäbe erfüllen. Einen Schritt weiter geht das Instrument der „geschlossenen strategischen Mitgliedergruppe“, welches von 78,3 % der befragten Winzergenossenschaften durchgeführt wird. Der Wert von 1,96 auf der Skala zeigt, dass dieses Instrument eine wichtige Rolle spielt. Dabei entfernt sich die Genossenschaft einen Schritt vom allgemeinen „Gleichheitsgedanken“, indem sie die Produktion von speziellen Weinlinien auf einzelne Mitglieder bzw. deren Weine begrenzt. Dieses Vorgehen ist dem Umstand geschuldet, dass eine marktorientierte Genossenschaft die von den Kunden gewünschten Weine schon im Weinberg zielgerichtet produziert. Hierbei leitet der Önologe der Genossenschaft als anerkannter Experte für die Weinproduktion die Maßnahmen im Weinberg und erarbeitet gemeinsam mit den Winzern die Reduktionsmaßnahmen sowie die Anwendung von Düngemitteln, Pestiziden etc. Diese Befunde vorheriger Studien wurden auch durch die neuen Befragungen bestätigt und zeigten klar, dass Genossenschaften sehr vorsichtig bei der Nutzung von Macht durch Bestrafung sein müssen, um eine Anpassung der Handlungen erreichen zu können. Die Studie zeigt aber auch, dass in dem Fall, in dem sich Genossenschaften dazu entscheiden, ihre Expertise (Expertenmacht) zu nutzen, sie auch fähig sind, entscheidend in die Handlungen ihrer Mitglieder einzugreifen und zugleich die Bereitschaft der Mitglieder zur Zusammenarbeit zu verbessern. Eine ebenso positive Nutzung von Macht ist im Bereich der Referenzmacht festzustellen. Ein Geschäftsführer einer Genossenschaft sagte, dass er das Gefühl habe, dass durch die Mitgliedschaft der Winzer und dem damit verbundenen Besitzanteil an der Genossenschaft, die Mitglieder und damit in Personalunion die Lieferanten sich sehr stark mit der Genossenschaft identifizieren. Diese Identifikation kann bei Genossenschaften die Möglichkeit schaffen, Entscheidungen ihrer Mitglieder zu ihren Gunsten zu beeinflussen. Die Bedeutung von Winzergenossenschaften als eine gemeinschaftliche Organisation mit einer starken sozialen Wirkung auf ihre Mitglieder ist auch von HOFFMANN bestätigt worden(40).

## 6 Fazit

Hersteller, welche Markenartikel produzieren und Handelsunternehmen, welche Handelsmarken vertreiben, sehen sich heute mit der Forderung konfrontiert, dass sie für „ihre“ Produkte lückenlos entlang der gesamten Wertschöpfungskette und somit auch unternehmensübergreifend für die bedenkenlose und sichere Qualität des Produktes die Verantwortung übernehmen müssen. Somit entsteht eine Situation, in der diese Unternehmen eine gesamte Wertschöpfungskette managen müssen. In diesem Artikel wurde beispielhaft die Weinwirtschaft untersucht, um anhand dieser Branche, die aus dieser Entwicklung resultierenden Konsequenzen praxisnah aufzuzeigen. Betrachtet man die Beziehung Einzelhändler – Weinproduzent – Traubenproduzent ist offensichtlich, dass die Machtverhältnisse in diesem Gefüge asymmetrisch verteilt sind. Hieraus resultiert, dass der Einzelhändler, um seiner unternehmensübergreifenden Qualitätsverantwortung gerecht zu werden, seinen Lieferanten Produktions- und Herstellungsvorgaben machen muss. Zur Not muss dies auch gegen deren Widerstand erfolgen. Hieraus ist ersichtlich, dass Machtausübung ein wichtiger Bestandteil des Wertschöpfungskettenmanagements ist. Durch die Herausarbeitung des „Macht“-Konzepts und die Identifikation der fünf verschiedenen Quellen von Macht war es möglich, Hypothesen aufzustellen, wie Macht Kooperation und Koordination – die beiden Hauptelemente des Wertschöpfungskettenmanagement – beeinflusst.

Durch die Erörterung der Hypothesen im Kontext des deutschen Weinsektors, in dem Genossenschaften immer noch von hoher Bedeutung sind, war es möglich zu zeigen, dass Macht ein sehr nützliches Mittel für ein Wertschöpfungskettenmanagement ist. Je nachdem, auf welchen Ursprung Macht zurückgeht, kann der Effekt völlig unterschiedlich sein. Die Expertenbefragung hat deutlich gezeigt, dass die „Zuckerbrot-und-Peitsche-Methode“ (Macht durch Bestrafung, Macht durch Belohnung) hervorragende Effekte auf die Koordination haben kann. Die Experten haben jedoch betont, dass ein übermäßiger Gebrauch der Mittel die Kooperationsbereitschaft stark beeinträchtigen kann.

Auf der anderen Seite kann Macht ihren Ursprung in Arten der Nichtbestrafung (Legitimations-, Experten-, Informations- und Referenzmacht) haben, welche dienlicher bei der Förderung von kooperativen Verhalten der Beteiligten sind. Die Befragten hatten jedoch die Befürchtung, dass diese Arten der Macht weniger effektiv für die Koordination der Akteure sind.

Somit lässt sich schlussfolgern, dass Macht insgesamt ein zweckmäßiges Instrument des Wertschöpfungskettenmanagements darstellt. Um jedoch bestmögliche Ergebnisse zu erhalten, ist eine geschickte Verwendung aller Arten von Macht notwendig. Obwohl die Ergebnisse in einem spezifischen Kontext generiert wurden, wird aufgrund der allgemein wirtschaftswissenschaftlichen Fundierung der Hypothesen davon ausgegangen, dass diese Ergebnisse auf andere Branchen der Agrar- und Ernährungswirtschaft übertragbar sind.

### Zusammenfassung

In den vergangenen Jahren ist zu beobachten gewesen, dass Wein als Profilierungsinstrument für den Lebensmitteleinzelhandel an Bedeutung gewonnen hat. Kaum eine Woche vergeht, in dem nicht ein Lebensmitteleinzelhändler seine Qualitätsbestrebungen mit einem Weinangebot unterstreichen will. Wird jedoch ein Wein derart eingesetzt, bedeutet dies für den Einzelhändler, dass falls der Wein Qualitätsmängel aufweist, dies auf die Marke des Einzelhändlers zurückfällt. Aus diesem Grund ist zu beobachten, dass Einzelhändler Weinkellereien und Winzergenossenschaften immer öfter Qualitätsvorschriften bzgl. des Ausbaus bis hin zur Traubenerzeugung vorgeben. In der Literatur wird dieses Verhalten als vertikale Koordination verstanden. Arbeiten zu diesem Forschungsgebiet haben eine Vielzahl von unterschiedlichen Koordinationsmechanismen vorgestellt und diskutiert. Häufig wird in diesem Kontext auf das Konstrukt Vertrauen verwiesen. Betrachtet man jedoch die derzeitige Situation in der Weinwirtschaft, ist zu konstatieren, dass in den vertikalen Beziehungen Vertrauen eher selten zu finden ist. Hingegen stößt man jedoch sehr häufig in diesem Kontext auf das Konstrukt Macht. Entsprechend wird in diesem Artikel Macht als Koordinierungsinstrument untersucht.

### Summary

*Power as a coordination tool: Ideas for the agri-food industry using the example of wine cooperatives*

As the German agrifood industry is characterized by high competitiveness, the importance of customer orientation has been increasing for many years. As a result, firms work hard to differentiate their products and services. As an example, German retailers are increasing their company profile by establishing retail brands and specialized assortments. Wine is often used in this context. The retailer is responsible for the quality of the wine that is sold under the retailer's brand. The retailer must therefore ensure that the quality requirements are complied with to a sufficient degree throughout the chain - from grape production to the retail shelf. For example, wine growing and production requires special knowledge, hence today the importance of vertical coordination between retailer, processor and grape producers is increasing. Such forms of coordination are also called "supply-chain networks". Due to the characteristics of wine, the networks in this sector are generally strategic networks. Such networks can be characterized as pyramidal-hierarchic collaborations which possess a focal firm (chain captain) that coordinates the network in a hierarchical style. This means in the wine sector that the focal company faces the challenge of managing and integrating many (small) wine growers. Cooperatives, as the traditional form of horizontal cooperation, play a key role in this regard.



## Résumé

*Le rôle du pouvoir en tant qu'instrument de coordination dans l'industrie agro-alimentaire – Exemple : les coopératives de viticulteurs*

Pendant ces dernières années, on pouvait observer que la distribution utilisait de plus en plus souvent les vins comme instrument pour s'affirmer sur le marché. Ainsi, chaque semaine, au moins une société de distribution met en offre un vin censé de souligner l'engagement de qualité de cette société. Pourtant, en agissant ainsi, la société de distribution doit encourir le risque de perdre du prestige au cas où le vin ne serait pas de bonne qualité. C'est en cette raison que les sociétés de distribution dictent de plus en plus souvent aux encaveurs et coopératives les critères à respecter non seulement lors de l'élevage du vin mais aussi lors de la production des raisins. C'est ce comportement que l'on connaît sous le nom de « coordination verticale ». Il existe un grand nombre d'études dans ce domaine qui traitent tous les différents mécanismes de coordination. Ces études font souvent référence au rôle de la confiance dans ce contexte. La situation actuelle de l'économie viti-vinicole nous montre cependant que la confiance fait rarement partie intégrante des relations verticales. En revanche, c'est très souvent le pouvoir qui joue un rôle dans ce contexte. Le pouvoir en tant qu'instrument de coordination sera donc analysé dans cet article.

## Literatur

1. BACHARACH, P.; LAWLER M. S., 1980: Power and politics in organizations. San Francisco, Cal.: Jossey-Bass.
2. BACHMANN, R., 2001: Trust, Power and Control in Trans-Organizational Relations, *Organization Studies*, Vol. 22 (2), pp. 337–365.
3. –; BARATZ M., 1962: The two faces of power. *American Political Science Review*, 56, pp. 947–952.
4. BENTON, W. C.; MALONI, M., 2005: The influence of power driven buyer/seller relationships on supply chain satisfaction. *Journal of Operations Management*, 23 (1), 1–22.
5. BIERSTEDT, R., 1950: An analysis of social power. *American Sociological Review*, 15, pp. 730–738.
6. BLAU, P., 1964: Exchange and Power in Social Life. New York: John Wiley, p. 117.
7. BROWN, J. R.; LUSCH, R. F.; NICHOLSON, C. Y., 1995: "Power and Relationship Commitment: Their Impact on Marketing Channel Member Performance", *Journal of Retailing*, Volume 71(4), pp. 363–392.
8. CALDWELL, N., 2003: The Treatment of Power in Supply Chains: Power, Method and Ontology, 12th International IPSERA Conference, Budapest, pp. 501–512.
9. CANT, M.; STRYDOM, C. J. W.; JOOSTE, C. J.; DU PLESSIS, P. J., 2009: *Marketing Management*, Edition 5, Juta and Company Limited.
10. CARTWRIGHT, D., 1965: Influence, leadership and control. In J. G. MARCH (Ed.), *Handbook of organizations*. Chicago: Rand McNally, pp. 1–47.
11. CHUNG, S. A.; KIM, G. M., 2003: Performance effects of partnership between manufacturers and suppliers for new product development: the supplier's standpoint, *Research Policy*, Volume 32, Issue 4, April 2003, pp. 587–603.
12. CLEGG, S.; COURPASSON D.; PHILLIPS N., 2006: *Power and organizations*, SAGE Publication series.
13. COOK, M. L., 1995: The Future of U.S. Agricultural Cooperatives: A Neo-Institutional Approach, *American Journal of Agricultural Economics*, 77, pp. 1153–1159.
14. CORSTEN, D.; KUMAR, N., 2005: Do suppliers benefit from collaborative relationships with large retailers?: An empirical investigation of Efficient Consumer Response adoption. *Journal of Marketing*, 69, Issue 3, pp. 80–94.
15. COX, A., 2001: Understanding Buyer and Supplier Power: A Framework for Procurement and Supply Competence, *Journal of Supply Chain Management*, Spring, Vol. 37, pp. 8.
16. –; IRELAND, P.; LONSDALE, CH.; SANDERSON, J.; WATSON, G., 2002: *Supply Chains, Markets and Power. Mapping buyer and supplier power regimes*. Routledge studies in Business Organization and Networks.
17. –, 2003: *Supply Chains, Markets and Power: Mapping Buyer and Supplier Power Regimes*, NetLibrary, Inc, Routledge.
18. CRAIG, D. R.; GABLER, W. K., 1963: The competitive struggle for market control. In *Readings in Marketing* (Westing, J.E., ed.). Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.
19. CROOK, T. R.; COMBS, J. G., 2007: Sources and consequences of bargaining power in supply chains. *Journal of Operations Management*, 25(2), pp. 546–555.
20. DAHL, R., 1957: The concept of power. *Behavioral Science*, 2, pp. 201–215.
21. DAPIRAN, G P; HOGARTH-SCOTT, S., 2003: Are co-operation and trust being confused with power? An analysis of food retailing in Australia and the UK, *International Journal of Retail & Distribution Management*, Volume 31(5), pp. 256–267.

22. DAVIES, B.; BLACKSTOCK, K.; BROWN K.; SHANNON, P., 2004: Challenges in creating local agri-environmental cooperation action amongst farmers and other stakeholders, FINAL REPORT of Scottish Executive Environment and Rural Affairs Department, Aberdeen, UK.
23. DICKINSON, D., 2001: The carrot vs. the stick in work team motivation. *Exper. Econ.* 4, pp. 107–124.
24. EILERS, C.; HANF C.-H., 1999: Contracts between Farmers and Farmers – Processing Co-operatives: A Principal-Agent Approach for the Potato Starch Industry, in GALIZZI, G. and L. VENTURINI (eds.) *Vertical Relationships and Coordination in the Food System*, Heidelberg, pp. 267–284.
25. EL-ANSARY, A. L.; STERN, L. W., 1972: Power measurement in the distribution channel, *Journal of Marketing Research*, 9, pp. 47–52.
26. ETGAR, M., 1976: Channel Domination and Countervailing Power in Distribution Channels, *Journal of Marketing Research*, 13 (August), pp. 254–262.
27. FLYNN, B. B.; ZHAO, X.; HUO, B.; YEUNG, J. H. Y., 2008: We've got the power! How customer power affects supply chain relationships, *Business Horizons*, 51, pp. 169–174.
28. FRAZIER, G. L.; ANTIA, K. D., 1995: Exchange relationships and interfirm power in channels of distribution. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 23, pp. 321–326.
29. FRENCH, J. R. P.; RAVEN, B., 1959: The bases of social power, in CARTWRIGHT, D. (Eds.), *Studies in Social Power*, University of Michigan Press, Ann Arbor, MI, pp.150–167.
30. GANESAN, SH.; GEORGE, M.; JAP, S.; PALMATIER, R. W.; WEITZ, B., 2009: Supply Chain Management and Retailer Performance: Emerging Trends, Issues, and Implications for Research and Practice, *Journal of Retailing*, 85 (1, 2009), pp. 84–94
31. GASKI, J., 1984: The Theory of Power and Conflict in Channels of Distribution, *Journal of Marketing*, Vol. 48, No. 3, (Summer, 1984), pp. 9–29.
32. GASKI, J. F., 1986: The theory of power and conflict in channels of distribution, *Journal of Marketing*, Vol. 48 (3), pp. 9–29.
33. GIEBELS, E.; DE DREU C. K. W.; VAN DE VLIERT, E., 1998: The alternative negotiator as the invisible third at the table: The impact of potency information, *International Journal of Conflict Management*, 9, pp. 5–21.
34. GULATI, R.; SYTCH, M., 2005: Exploring the effects of organizational interdependence on performance: the role of embeddedness and power. Working paper, Kellogg School of Management, Northwestern University.
35. HAGE, J., 1972: *Techniques and Problems of Theory Construction in Sociology*, Wiley, New York.
36. HANF, J.; KÜHL, R., 2008: Genossenschaften im Wandel der deutschen Agrar- und Ernährungswirtschaft. *Berichte über Landwirtschaft*, Bd. 86 (1), S. 162–178.
37. –; –; 2004: Strategy focussed Supply Chain Networks, in BREMMERS, H. J., OMTA, S. W. F.; TRIENEKENS, J. H; WUBBEN, E. F. M., (eds.). *Dynamics in Chain and Networks*. Wageningen Academic Publishers, pp. 104–110.
38. –; SCHWEICKERT, E., 2007: How to deal with member heterogeneity – management implications, *International Journal of Cooperative Management*, 3, pp. 40–48.
39. HINGLEY, M., 2005: Power to all our friends? Learning to live with imbalance in UK supplier-retailer relationships, *Industrial Marketing Management*, Vol. 34, Issue. 8, pp. 848–858.
40. HOFFMANN, D., 2000: Winzer Genossenschaften - Mehr Marktorientierung gefordert, *Weinwirtschaft*, 3, pp. 20–26.
41. HU, T.-L.; SHEU, J.-B., 2005: Relationships of Channel Power, Noncoercive Influencing Strategies, Climate, and Solidarity: A Real Case Study of the Taiwanese PDA Industry, *Industrial Marketing Management*, 34 (5), pp. 447–461.
42. HU, TUNG-LAI; SHEU, JIUH-BING, 2003: A Fuzzy-based Customer Classification Method for Advanced Demand-Responsive Logistical Distribution Operations, *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 139, pp.431–450.
43. IRELAND, R. D.; WEBB, J. W., 2007: A multi-theoretic perspective on trust and power in strategic supply chains, *Industrial Marketing Management*, pp. 482–497.
44. –; HITT, M. A.; WEBB, J. W., 2005: Entrepreneurial alliances and networks. In: SHENKAR, O., REUER, J. J. (Eds.), *Handbook of Strategic Alliances*. Sage Publications, Thousand Oaks, CA, pp. 333–352.
45. JAP, S. D.; GANESAN, S., 2000: Control Mechanisms and the Relationship Life Cycle: Implications for Safeguarding Specific Investments and Developing Commitment, *Journal of Marketing Research*, Vol. 37, No. 2. (May, 2000), pp. 227–245.
46. JARILLO, J. C., 1988: On strategic networks, *Strategic Management Journal*, 9, pp.31–41.
47. KALAFATIS, S. P., 2000: Buyer – seller relationships along channels of distribution. *Industrial Marketing Management*, 31, pp. 215–228.
48. KUMAR, N., 2005: The power of power in supplier-retailer relationships. *Industrial Marketing Management*, 34, pp. 863–866.
49. LAWLER, E. J.; YOON, J., 1996: Commitment in Exchange Relations: Test of a Theory of Relational Cohesion, *American Sociological Review* 61, pp. 89–108.

50. LAZZARINI, S. G.; CHADDAD, F. R.; COOK, M. L., 2001: Integrating supply chain and network analyses: The study of networks, *Journal on Chain and Network Science*, Vol. 1, pp. 7–22.
51. LEE, K. L.; LOW, G. T., 2008: The Exercise of Social Power and the Effect of Ethnicity: Evidence from Malaysian's Industrial Companies, *International Business Research*, Vol. 1, No. 2, pp.53–65.
52. LEE, DON Y., 2001: Power, Conflict, and Satisfaction in IJV Supplier-Chinese Distributor Channels, *Journal of Business Research*, 52, pp.149–60.
53. LEONIDOU, L. C.; TALIAS, M. A.; LEONIDOU C. N., 2008: Exercised power as a driver of trust and commitment in cross-border industrial buyer–seller relationships. *Industrial Marketing Management*, 37, pp. 92–103.
54. LIU, H.; WANG, Y. P., 2000: Interfirm Channel Relationships, Influence Strategies and Performance in China: An Empirical Examination, in *Culture and International Business*, Kip Becker, Ed.: The Haworth Press, Inc.
55. LUSCH, R. F.; BROWN, J. R., 1996: Interdependency, Contracting, and Relational Behavior in Marketing Channels, *Journal of Marketing*, 60 (October), pp. 19–38.
56. LZ, 2009a: Fritz Keller bringt Rose. *Lebensmittelzeitung*, 09.04.2009:19.
57. –, 2009b: Discounter punkten beim Wein. *Lebensmittelzeitung*, 07.08.2009:20.
58. –, 2007a: Marken brauchen Zeit. *Lebensmittelzeitung*, 23.03.2007:38.
59. –, 2007b: Aldi investiert in Wein. *Lebensmittelzeitung*, 23.03.2007:1.
60. MALONI, M. J.; BENTON, W. C. 2000: Power Influences in the Supply Chain, *Journal of Business Logistics*, Vol. 21, No. 1, pp. 49–73.
61. MOHR, J. J.; FISHER, R. J.; NEVIN, J. R., 1996: Collaborative Communication in Interfirm Relationships: Moderating Effects of Integration and Control, *Journal of Marketing*, Vol. 60, No. 3. (Jul., 1996), pp. 103–115.
62. NIESCHLAG, R.; DICHTL, E.; HÖRSCHGEN, H., 1997: *Marketing*. Vol. 18, Duncker & Humboldt, Berlin.
63. PAYAN, J. M.; MCFARLAND, R. G., 2005: Decomposing Influence Strategies: Argument Structure and Dependence as Determinants of the Effectiveness of Influence Strategies in Gaining Channel Member Compliance, *Journal of Marketing*, Vol. 69 (July 2005), pp. 66–79.
64. RAMSAY, J., 1996: Power Measurement, *European Journal of Purchasing & Supply Management*, Vol. 2 (12), pp. 129–143.
65. REID, R. D.; BOJANIC, D. C., 2009: *Hospitality Marketing Management*, Edition 5, John Wiley and Sons.
66. SCHWEICKERT, E., 2001: *Classic und Selection*, der Oenologe, 29, pp. 3–4.
67. –, 2007: *Unternehmensstrategien in der Weinwirtschaft im Rahmen der EU-Weinmarktordnungspolitik*. Dissertation, DLG-Verlag, Frankfurt, Germany.
68. SHEU, J.-B.; HU, T.-L., 2009: Channel power, commitment and performance toward sustainable channel relationship, *Industrial Marketing Management*, Volume 38, Issue 1, pp. 17–31.
69. SODANO, V., 2006: A Power-based Approach to the Analysis of the Food System, In: *International agri-food chains and networks*. J. BIJMAN, S. W. F. OMTA, J. H. TRIENEKENS (eds.). Wageningen, Wageningen Academic Publishers, pp. 199–215.
70. STERN, L. W.; EI-ANSARY, A. I., 1992: *Marketing channels*. (4th ed.). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
71. THORELLI, H. B., 1986: Networks: between markets and hierarchies, *Strategic Management Journal*, Vol.7, pp. 37–51.
72. TOKATLI, N., 2007: Asymmetrical power relations and upgrading among suppliers of global clothing brands: Hugo Boss in Turkey, *Journal of Economic Geography* 7 (2007) pp. 67–92.
73. WATSON, G.; LONSDALE, C.; COX, A.; CHICKSAND, D., 2003: Effective Demand Management in the NHS, 12th International IPSERA Conference, Budapest, pp. 1113–1125.
74. WILDEMANN, H., (1997). Koordination von Unternehmensnetzwerken, *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, 67(4), pp. 417–439.
75. YAQUB, M. Z., 2009: Antecedents, Consequences And Control Of Opportunistic Behavior In Strategic Networks, *Journal of Business & Economics Research*, Volume 7, Number 2, p.15.
76. Yeung, J. H. Y.; Selen, W.; Zhang, M.; Huo, B., 2009: The effects of trust and coercive power on supplier integration, *International Journal of Production Economics*, Special Issue on Operations Strategy and Supply Chains Management, Vol. 120, Issue 1, July 2009, pp. 66–78.
77. ZHAO, X.; HUO, B.; FLYNN, B. B.; YEUNG, J. H. Y., 2008: The impact of power and relationship commitment on the integration between manufacturers and customers in a supply chain, *Journal of Operations Management*, Vol. 26, pp. 368–388.

### Fußnoten

- <sup>1)</sup> Als gutes Beispiel für einen Kettenkapitän kann u. a. das Unternehmen McDonalds herangezogen werden, welches sowohl in der vorgelagerten Wertschöpfungskette (z. B. Lieferanten, Landwirte) als auch in der nachgelagerten Wertschöpfungskette (z. B. Franchisenehmer) klar vorgibt,

wie beispielsweise eine Pommes Frites von den physikalischen, sensorischen und qualitativen beschaffen sein muss. Somit muss auch beispielsweise die Länge der angebauten Kartoffeln auf die Vorgaben des Kettenkapitäns abgestimmt sein.

- <sup>2)</sup> Die originäre Umfrage wurde für ein anderes Projekt erstellt, jedoch sind deren Resultate in einigen Punkten auch für diese Studie aussagekräftig.

*Autorenanschrift:* Prof. Dr. JON HENRICH HANF, Professor für Internationale Weinwirtschaft, Hochschule RheinMain, Campus Geisenheim, c/o Fachgebiet Betriebswirtschaft und Marktforschung, Von-Lade-Str. 1, 65366 Geisenheim

jon.hanf@hs-rm.de

VERA BELAYA, Promotionsstudentin an der Martin-Luther Universität Halle/Wittenberg, Hauffstr. 5, 72285 Pfalzgrafenweiler

vera\_belaya2000@yahoo.de

Prof. Dr. ERIK SCHWEICKERT, MdB, Professor für Internationale Weinwirtschaft, Hochschule RheinMain, Campus Geisenheim, c/o Fachgebiet Betriebswirtschaft und Marktforschung, Von-Lade-Str. 1, 65366 Geisenheim

erik.schweickert@hs-rm.de

# Vor- und Nachteile der Weidehaltung von hochleistenden Milchkühen

Von WILFRIED BRADE, Hannover/Dummerstorf

## 1 Einleitung

Die Weidehaltung gilt für Rinder als die ursprüngliche Haltungsform. Sie kommt den Anforderungen dieser Tierart nach einer artgerechten Haltung entgegen. Gleichzeitig ist die Weide als Nutzungsform des Grünlandes für weite Teile unserer Kulturlandschaft landschaftsprägend.

Der Grünlandanteil an der landwirtschaftlichen Nutzfläche nimmt jedoch leider weiter bundesweit ab. In Deutschland schätzt man den Anteil der Kühe, denen ein Weidegang ermöglicht wird, nur noch auf ca. 42 % (22).

Die Ursachen für den permanenten Rückgang der Dauergrünlandflächen sind vor allem in der höheren wirtschaftlichen Vorzüglichkeit des Maisanbaus, speziell in den Gemischt- und Ackerbauregionen, zu suchen (10).

Aktuelle Diskussionen bezüglich der Treibhausgasemissionen, des Klimaschutzes bzw. der Biodiversität lassen dem Grünland wieder mehr Aufmerksamkeit schenken.

Dauergrünland ist in Europa das Agrarökosystem mit den höchsten Potenzialen für botanische Diversität. Zusätzlich spielt Dauergrünland eine große Rolle als Kohlenstoffsenke.

Häufig werden doppelt so hohe Kohlenstoffgehalte unter Dauergrünland gefunden als bei einer ackerbaulichen Nutzung. Allerdings hängt die Kohlenstoffspeicherkapazität unter Grünland von den Klimabedingungen, der Verteilung des Wasservorkommens am Standort und der Bodentextur ab. Bei hoher Bewirtschaftungsintensität des Dauergrünlands sind die Grünlandflächen jedoch im Regelfall deutlich weniger artenreich.

Vor diesen vielfältigen Hintergründen und dem Wunsch vieler Verbraucher nach einer Naturbelassenheit der Lebensmittel setzen einige Molkereien (z. B. FrieslandCampina und andere<sup>1</sup> die Weidehaltung von Kühen als ein zusätzliches Verkaufsargument (= „Weidemilch“) ein.

Nachfolgend sollen Hinweise und Empfehlungen zur Weidehaltung von Milchrindern gegeben werden und gleichzeitig die Möglichkeiten und Grenzen der Weidewirtschaft bei hohen Milchleistungen aufgezeigt werden.

## 2 Vor- und Nachteile der Weidehaltung

Eine aus ökonomischen Gründen angestrebte sehr hohe Milchleistung im Kuhbestand bewirkte einen Wandel in der Grünlandwirtschaft: Weg von der Ganztagsweide mit begrenzter Zufütterung, hin zur stundenweisen Beweidung und Zufütterung im Stall.

Der Anteil des Weidefutters an der Gesamtration einer Milchkuh nimmt mit steigender Milchleistung tendenziell ab; gleichzeitig erhöht sich der Anteil der Schnittnutzung des Grünlandes.

In sehr großen Milchviehherden mit hohen Milchleistungen wird zwischenzeitlich sehr häufig gänzlich auf den Weidegang verzichtet. Die Nutzung des Grünlandes ist vielfältig möglich (Tab. 1):

*Tabelle 1. Mögliche Gruppierung von Weideverfahren*

Zuordnung nach Kriterien		
A	B	C
Anteil der zugänglichen Weidefläche an der Gesamtfläche	Dauer des Zugangs zur Weide	Anteil des Weidegrases an der Grobfuttration
Extensive Standweide Intensiv-Standweide (Mähstandweide)* Umtriebsweide Rationsweide Portionsweide Streifenweide	Ganztagsweide Stundenweide Halbtagsweide	Vollweide Teilweide

\* Mit der Mähstandweide, auch Kurzrasenweide genannt, werden die Vorteile der Umtriebsweide (gute Futterausnutzung) und die der Standweide (geringer Arbeitsaufwand) kombiniert. Entsprechend dem Futterbedarf der Tiere und dem verminderten Futterzuwachs im Verlauf des Wuchsjahres wird die Weidefläche mit zunehmender Weidedauer vergrößert. Die Höhe der Beifütterung ist an das Angebot auf der Weide anzupassen. Die von den Tieren nicht benötigte Fläche wird mit einem Elektrozaun abgetrennt und als Winterfutter konserviert.

Vor dem Hintergrund der Sicherstellung einer ausreichenden Energie- und Nährstoffversorgung hochleistender Tiere findet man in praxi weitere modifizierte Weidemanagements:

- die Weidephase ist auf die Monate Mai bis Mitte Juli begrenzt;
- der Austrieb ist auf 6 h pro Tag beschränkt;
- gezielte leistungsabhängige Zufütterung im Stall;
- bei hohen Tagestemperaturen/sonnigem Wetter werden die Kühe ausschließlich nachts geweidet (Vermeidung von Hitzestress);
- permanente Wasserversorgung auch auf der Weide.

Auch dieses Weidemanagement erfordert stallnahe Weideflächen. In größeren Herden erfolgen oft weitere Gruppierungen im Kuhbestand:

- Weidegruppe
- Stallgruppe.

Die frischlaktierenden, hochleistenden Milchkühe bleiben ganztägig im Stall. Die weniger leistenden Kühe werden geweidet.

## 2.1 Generelle Vorteile der Weidehaltung

*Die Vorteile der Weidehaltung sind:*

- Reduzierung der Futterkosten, speziell Grundfutter; keine Konservierungsverluste;
- saisonale Arbeitsentlastung bei Fütterung und Reinigung;
- geringere Kapazitäten für Silagezubereitung/-lagerung gegenüber ganzjähriger Silagefütterung;
- geringere Kapazitäten für Güllelagerung;
- Verbesserung der Gesundheit durch bessere Vitaminversorgung (speziell Vitamin A) vergleichsweise gegenüber Silagen/Heu; bessere Nutzung von Pflanzenhormonen und anderen pflanzlichen Steroiden;

- mögliche Reduzierung von Gliedmaßen- und Klauenproblemen einschließlich höhere Sauberkeit der Tiere (bei ordentlicher Weideführung);
- Weidemilch verfügt in aller Regel über einen höheren Anteil an Omega-3-Fettsäuren (= wünschenswerte Verbrauchereigenschaft).

## 2.2 Generelle Nachteile der Weidehaltung

*Nachteile der Weidehaltung sind:*

- die zunehmende Kompliziertheit des Weidemanagements in großen Herden,
- der Leistungsabfall ohne Zusatzfütterung im Hochleistungsbereich; bei stark wechselnden Futterqualitäten/-mengen im Vegetationsverlauf,
- eine geringere Kontrolle über Futteraufnahme/-qualität,
- die geringere Kontinuität der Milcherzeugung,
- die Nichtnutzung verfügbarer Stallkapazitäten,
- weniger kontrollierbare Umwelt (z. B. N-, P-Anfall) z. B. auf bevorzugten Kot- und Harnstellen,
- der zusätzlicher Arbeitsanfall, wenn keine stallnahen Futterflächen vorhanden sind (z. B. längeres Treiben der Kühe von der Weide zum Melken in den Stall),
- eine größere Saisonalität einschließlich Besamungspausen und die
- schlechtere Automatisierbarkeit des Melkens (erschwerter Einsatz von Melkautomaten).

Die entscheidenden Gründe für die relative Vorzüglichkeit der ganzjährigen Stallhaltung liegen offenbar vor allem in betriebs- und arbeitsökonomischen Vorteilen (= größere Kontinuität), in höheren und stabileren Leistungen der Milchkühe und in der besseren Fütterungseffizienz, die moderne Stallanlagen und Fütterungstechniken derzeit bieten.

Dazu kommt – vor dem Hintergrund des Klimawandels – ausgewogenere Umweltverhältnisse für die Tiere (= weniger schwankende Umgebungstemperaturen, geringerer Einfluss eines möglichen Starkregens etc.) bei ganzjähriger Stallhaltung.

Es stellt sich jedoch die Frage, geeignete standörtliche- und betriebliche Bedingungen vorausgesetzt, ob es nicht (wieder) sinnvoller ist, die Milchrinder so oft und so lange wie möglich auf der Weide zu halten?

*Weide liefert preiswertes Futter:*

Voraussetzung für die Nutzung der Vorteile der Weidewirtschaft sind arrondierte Betriebsflächen, die kurze Entfernungen für das Melken ermöglichen.

Ist die Voraussetzung erfüllt, stellt sich die Frage: Welche ökonomischen Anreize bietet das Weidefutter im Vergleich zum konservierten Futter?

In Abbildung 1 ist dargestellt, wie hoch die aktuellen Herstellungskosten für eine Energieeinheit von Weidegras im Vergleich zu den wichtigsten konservierten Grundfuttermitteln bei Stallfütterung sind.

Zu beachten bleibt die erhebliche Variabilität dieser Werte in Abhängigkeit vom Standort, dem Betrieb bzw. den realisierten Erträgen. Setzt man vereinfacht eine Kostendifferenz zur Maissilage von ca. 5 €/t/10 MJ NEL und die zur Grassilage von ca. 7,0 €/t/10 MJ NEL beträgt der Kostenvorteil der Weidefütterung im Vergleich zur Stallfütterung pro Kuh und Tag fast 0,50 €, wenn ein Grundfuttermittelverzehr von 14 kg T/Kuh/Tag bei Weidegang (T = Trockenmasse) und bei Stallfütterung ein Grundfuttermittelverzehr von 7 kg T Maissilage und 7 kg T Grassilage/Kuh/Tag unterstellt wird (Energiekonzentration: Weidegras 6,6 MJ NEL/kg T, Maissilage 6,6 MJ NEL/kg T, Grassilage 6,2 MJ NEL/kg T).

Auch die jährlichen niedersächsischen BZA-Auswertungen (BZA= Betriebszweigauswertungen) zeigen generell niedrigere Futterkosten für Haltungssysteme mit intensiver Nutzung der Weide (Abb. 2). Allerdings dürften diese Resultate durch regionale Einflüsse beeinflusst sein.

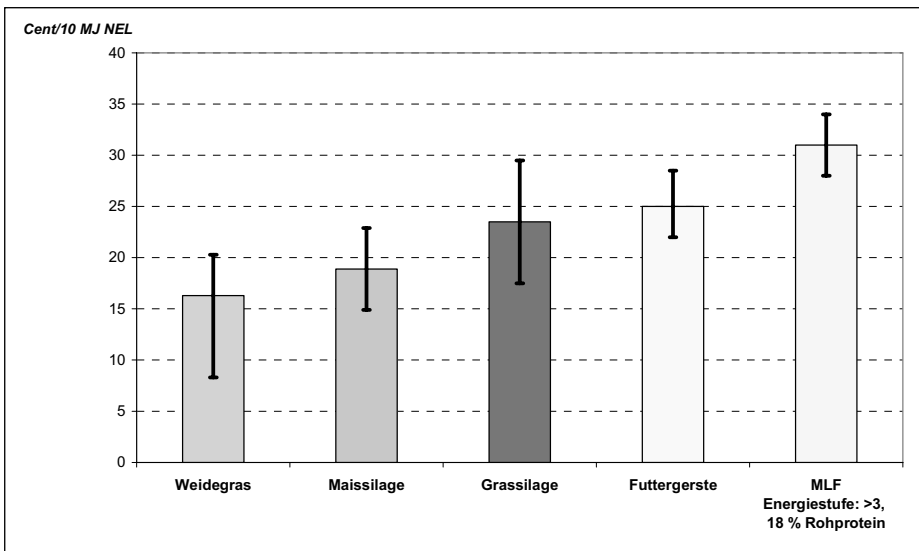


Abb. 1. Aktuelle Herstellungskosten verschiedener Futtermittel in Nordwestdeutschland (eigene Berechnungen)

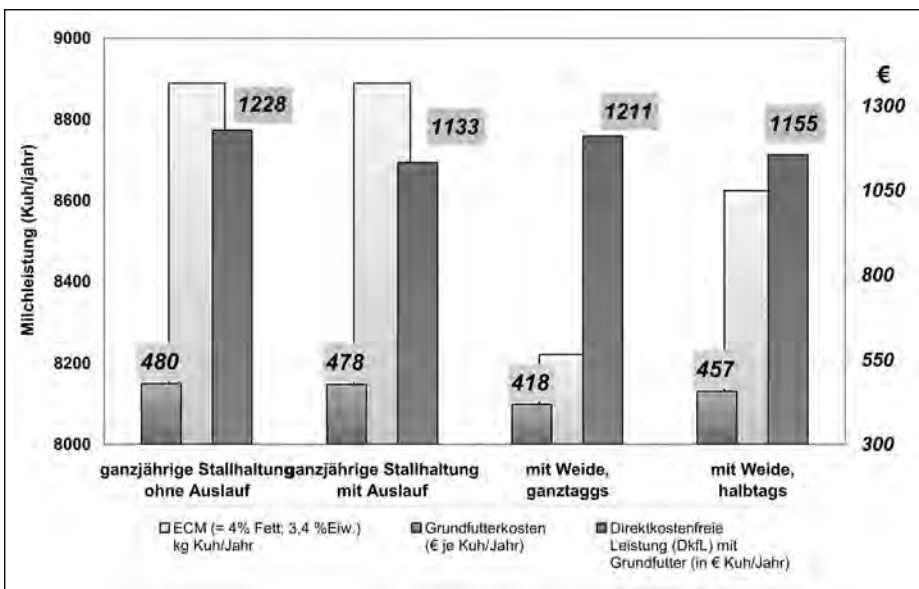


Abb. 2. Einfluss unterschiedlicher Haltungssysteme (BZA-Ergebnisse, Niedersachsen)



### 3 Spezielle Fütterungsprobleme hochleistender Kühe auf der Weide

Die meisten Exaktversuche zeigen eine Abnahme der Milchleistung bei Weide- im Vergleich zur ganzjährigen Stallhaltung. Hauptursachen sind:

- I. geringere Futterenergieaufnahme,
- II. möglicher höherer Erhaltungsbedarf und
- III. negative Energiebilanz speziell im Hochleistungsbereich.

Erschwerend kommt hinzu, dass mit zunehmenden Leistungen bekanntermaßen auch höhere Futterqualitäten benötigt werden (Tab. 2).

*Table 2. Kalkulationen des Grobfutterbedarfs von Milchkühen in Abhängigkeit von der Leistungshöhe*

Kenngröße	kg Milch/Kuh und Jahr			
	7 000	8 000	9 000	10 000
<b>Futterwert:</b>				
MJ NEL/kg T	6,0	6,3	6,4	6,6
g Rohfaser/kg T	265	235	220	205
<b>Rohfaserbedarf:</b>				
kg/100 kg KM und Tag	0,43	0,42	0,40	0,38
dt/Kuh (650 kg KM) und Jahr	10,2	10,0	9,5	9,0
<b>Grobfutterbedarf (inkl. 18 % Verlust):</b>				
dt T/Kuh und Jahr	44	49	50	51

Anm.: T = Trockenmasse; FM = Frischmasse; KM = Körpermasse

KOLVER und MULLER (4) bildeten in einem speziell angelegten Fütterungsversuch zwei Gruppen hochleistender Holstein-Kühe (>40 kg Milch/Kuh/Tag). In der ersten Gruppe wurde weiter eine vollwertige TMR-Fütterung im Leistungspeak verabreicht. Die zweite Gruppe erhielt – nach einer notwendigen Übergangsphase – ausschließlich Gras.

Der Leistungsabfall und der weitere Abbau von Körpersubstanz bestätigen, dass sehr hohe Leistungen ohne Zufütterung von Kraftfutter nicht dauerhaft zu realisieren sind (Tab. 3).

**Tabelle 3. Leistungshöhe hochleistender Holstein-Kühe (>40 kg Milch/Tier/Tag) bei Beibehaltung einer ausgewogenen TMR-Fütterung bzw. nach Übergang ausschließlich auf Weidehaltung (ohne weitere Zufütterung) – Ergebnisse eines Exaktversuches**

Kenngröße	TMR-Fütterung	Grasen <sup>1) 2)</sup>	Signifikanz
	(Stall)	(Weide)	(P<)
T-Aufnahme <sup>3)</sup> (kg Kuh/Tag)	23,4	19,0	0,01
T-Aufnahme (Kuh/Tag) (in % der Körpermasse)	3,93	3,39	0,01
%-Trockenmasse im Futter	58,2	17,0	0,01
Milchleistung (kg Kuh/Tag) (FCM-Leistung)	40,5	28,3	0,01
kg Körpermasse (Versuchsende)	597	562	0,01
BCS-Note <sup>4)</sup>	2,5	2,0	0,01

<sup>1)</sup> Nach zweiwöchiger Umstellung ausschließlich auf Weidehaltung (kontinuierliche Reduzierung des TMR-Anteils in Übergangsperiode);

<sup>2)</sup> hochwertige Weide; Versuchsdauer zwei Wochen (letzte Mai-/erste Juniwoche 1995); ohne Kraftfutterzufütterung;

<sup>3)</sup> T-Aufnahme: Trockenmasseaufnahme;

<sup>4)</sup> Körperkonditionsnoten (Body Condition Score): 1 = dünn; 5 = fett

Quelle: (4)

Milchkühe müssen etwa 17 kg T bzw. etwa 100 kg Frischmasse besten Grases fressen, damit ca. 25 kg Milch/Kuh/Tag ermolken werden können (Tab. 4).

**Tabelle 4. Erforderliche Frischgrasaufnahme für ca. 25 kg Milch/Kuh/Jahr**

Futtermittel/Kenngrößen	kg T-Aufnahme <sup>2)</sup>
Frischgras, 1. Aufwuchs, Beginn Ähren-/Rispen-schieben <sup>1)</sup>	17,0 (= 100 kg FM <sup>3)</sup> )

<sup>1)</sup> 6,9 MJ/kg T; 235 g Rohprotein/kg T;

<sup>2)</sup> 650-kg-Kuh nach gezielter Fütterungsumstellung ausschließlich auf Weidehaltung;

<sup>3)</sup> FM = Frischmasse

Eine Beispielsration für hochleistende Kühe ist nachfolgend gegeben (Tab. 5). Sie soll vor allem belegen, dass sehr hohe Leistungen eine intensive Zufütterung im Stall erfordern.

Mit hoher Zufütterung im Stall verringert sich der Grünlandbedarf (= geringere Beweidungsintensitäten). Gleichzeitig kann damit auch der Düngungsaufwand zurückgefahren und hohe Überschüsse an Nährstoffen (z. B. N-Bilanz) abgebaut werden.

Auf der Weide ist den Rindern gleichzeitig ausreichend Tränkwasser guter Qualität anzubieten. Hochleistende Milchkühe saufen bei hohen Temperaturen bis zu 175 Liter/Tag.

Stehende Gewässer sind als Tränke ungeeignet (Bakterienbildung). Brunnenwasser ist auf Eignung als Trinkwasser regelmäßig zu prüfen. Tränkwasser schlechter Qualität kann erhebliche Gesundheitsstörungen auslösen. Pro 10 bis 15 Tiere sollte eine Tränke zur Verfügung stehen. Die Weidetränken sollten sich möglichst im Schatten befinden (Kühe meiden intensive Sonneneinstrahlung).

Tabelle 5. Beispielsration für Hochleistungskühe (ca. 40 kg Milch/Kuh/Jahr)

Futtermittel	kg Frisch- masse	Weitere Kenngrößen
Gras, 1. Aufwuchs, Beginn Ähren/Rispenschieben <sup>1)</sup>	35,0	
Biertreber	4,5	
Maissilage	18,0	
Melasseschnitzel	5,0	
Milchleistungsfutter (22/3)	7,5	
Mineralfutter	0,15	
<hr/>		
Trockenmasseaufnahme (gesamt)		24,5
Nettoenergielaktation (MJ/kg T)		6,8
Nutzbares Rohprotein (g/kg T)		159

<sup>1)</sup> 170 g T/kg FM, 6,7 MJ/kg T, 205 g Rohprotein/kg T

#### 4 Maßnahmen zur Steigerung der Weidegrasaufnahme

Das *Futterangebot* hat einen großen Einfluss auf die Verzehrsleistung. Maximale Aufnahmen lassen sich nur erzielen, wenn die zur Verfügung stehende Grasmenge die Aufnahmekapazität der Kühe deutlich übersteigt, wie bereits vor Jahren belegt wurde (Tab. 6).

Tabelle 6. Futteraufnahme und Weiderest in Abhängigkeit vom Futterangebot

Angebot (kg T/Kuh und Tag)	Aufnahme (kg T/Kuh und Tag)	Weiderest (% vom Angebot)
11,8	9,8	17
16,4	12,8	21
19,5	14,8	24

Anmerkung: T = Trockenmasse

Quelle: (15)

Strebt man höchste Futteraufnahmen beispielsweise auf Umtriebsweiden an, müssen – im Interesse maximaler Verzehrsleistungen – leider auch Weidereste von über 15 % in Kauf genommen werden. Weidereste in dieser Höhe ermöglichen es den Tieren, selektive Futteraufnahme zu betreiben, das heißt, das schmackhafteste Futter auszuwählen (Tab. 6).

Bei Überlegungen zur Verbesserung der Weideleistung ist es hilfreich zu wissen, welche Faktoren die tägliche Futteraufnahme von Weidegras beeinflussen.

Bei einer mittleren Grasenszeit von ca. 500 min/Tag und 55 Bissen/min nimmt die Kuh etwa 0,64–0,68 g Trockenmasse pro Biss auf (15).

Bei zu geringem Grasangebot, sei es wegen zu geringer Bestandeshöhe oder zu lockerer Grasnarbe, reduziert sich das Bissengewicht erheblich. Die Folge ist eine geringere Trockenmasseaufnahme.

Im Hinblick auf die Erhöhung der Futteraufnahme auf der Weide verdienen alle Maßnahmen, die zu einer dichten, schmackhaften und leistungsfähigen Grünlandnarbe führen, erhöhte Aufmerksamkeit. Dazu gehören:

- Etablierung leistungsfähiger Grünlandnarben mit hochwertigen Futterpflanzenarten, sei es durch Nachsaaten oder Neuansaaten. In der Norddeutschen Tiefebene sollten das Deutsche Weidelgras und der Weißklee Hauptbestandbildner sein.
- Sorgfältige und regelmäßige Weidepflege hält die Grünlandnarbe jung und leistungsfähig. Die Nachmahd beseitigt überständiges Futter, regt die Seitentriebbildung an und fördert eine blattrreiche, dichte Narbe.
- Der Wechsel zwischen Schnitt- und Weidenutzung fördert in aller Regel die Bestandszusammensetzung der Grünlandnarbe.
- Auch die standort- und nutzungsspezifische Düngung der Grasnarbe kann einen Beitrag zur Optimierung des Futterverzehr auf der Weide liefern. Hierzu gehört unter anderem, dass Weideflächen mindestens sechs bis acht Wochen vor der Nutzung nicht begüllt werden sollten.

## 5 Aspekte zur Tiergesundheit und ausgewählte Milchqualitätskriterien

Die gesundheitlichen Aspekte auf der Weide sind, wie bei Stallhaltung, von zahlreichen Faktoren abhängig: Qualität der Weide, Weidemanagement, Standort (Feuchtigkeit, Grundwasserspiegel), Herdenbetreuung, Besatzdichte, Sauberkeit der Treibwege, Verletzungsgefahren durch Zäunung, Vorkommen von Parasiten etc.

Die publizierten Ergebnisse zur Tiergesundheit sind somit vielschichtig und nicht immer widerspruchlos.

PARKER et al. (6) zeigen keine signifikanten Unterschiede in der Tiergesundheit bei Stall-/Weidehaltung. PHILLIPS (7) berichtet über eine höhere Lahmheit bei mit Grassilage gefütterten Kühen im Stall gegenüber der Haltung auf der Weide.

Kühe mit Weidegang haben – im Vergleich zu Kühen in Stallhaltung – häufig weniger Schäden an den Tarsalgelenken (19). In der zitierten Studie wurden 657 Holstein-Kühe aus zwölf Betrieben bewertet (19). Bonitiert wurden die Außenseiten der beiden Tarsalgelenke mit den Noten 1 (ohne Befund) bis 5 (Hautabschürfung größer als 2 cm). Dabei wurden vier Haltungssysteme unterschieden: Tiefbox mit bzw. ohne Weidegang und Hochbox mit bzw. ohne Weidegang. Voraussetzung waren mindestens sechs Stunden Weidegang während der Vegetationsperiode. Die Ergebnisse waren:

- Bei Weidegang wies die Hälfte aller Kühe keinen Befund am Tarsalgelenk auf.
- Etwa die Hälfte aller Kühe im Tiefboxensystem wurde mit der Note 1 (kein Befund) bonitiert. Im Hochboxensystem erhielten hingegen ca. drei Viertel der Kühe die Note 3 und schlechter.
- Insgesamt schneidet das System „Tiefbox mit Weide“ am besten ab (Tab. 7).

*Tabelle 7. Boniturergebnisse von Holstein-Kühen in verschiedenen Umwelten*

Haltung	Boniturnote
Tiefbox ohne Weide	2.05
Tiefbox mit Weide	1.26
Hochbox ohne Weide	3.12
Hochbox mit Weide	2.74

Quelle: (19)

SMITH und HOGAN (9) belegen eine geringere Mastitishäufigkeit bei Rotationsweidesystemen vergleichsweise gegenüber Stallhaltung aufgrund weniger umweltassoziierter pathogener

Keime. Möglicherweise war jedoch das Risiko des Auftretens einer Mastitiserkrankung aufgrund einer geringeren Milchleistung reduziert.

An der North Carolina State University (in Raleigh, USA) wurden im Rahmen einer vierjährigen Studie die Laktationsleistungen, die Futterkosten, die Gesundheit und Gesamtwirtschaftlichkeit von saisonal abkalbenden Milchkühen in zwei Haltungssystemen getestet: Weidehaltung und Stallhaltung (17; 18).

Die auf der Weide gehaltenen Kühe gaben im Mittel 11,1 % weniger Milch pro Laktation als ihre Versuchsgefährtninnen im Stall (18)

Deutliche Unterschiede waren zwischen den Rassen zu beobachten: Im Mittel erzeugten die Jersey-Kühe 23,3 % weniger Milch als ihre Holstein-Partner. Allerdings waren erwartungsgemäß die Inhaltsstoffe bei den Jerseys deutlich höher (Jersey-Kühe: 4,67 % Fett und 3,73 % Eiweiß; Holstein-Kühe: 3,81 % Fett und 3,21 % Eiweiß).

Die Wirtschaftlichkeit wurde definiert als Erlöse aus Milchverkauf minus Futterkosten (in US-\$ pro Kuh/Tag). Die täglichen Futterkosten waren bei Weidehaltung deutlich geringer als bei Stallhaltung (2,08 US-\$ im Vergleich zu 3,03 US-\$ pro Kuh/Tag) und für die Frühjahreskalbenden geringer als für die Herbstkalbenden. Die Holsteins erzielten im Gesamtergebnis eine höhere Wirtschaftlichkeit als die Jerseys. Tabelle 8 enthält die wichtigsten Ergebnisse zur Milcherzeugung mit Holsteins.

**Tabelle 8. Mittlere Laktationsleistungen (kg/Kuh/Laktation), Futterkosten (US-\$ pro Tag) und Einkommen (Erlöse aus Milchverkauf und Futterkosten)**

Haltung/Saison	Milchleistung (kg/Kuh/Lakt.)	Futterkosten (US-\$ Kuh/Tag)	Einkommen (US-\$ Kuh/Tag)
<b>Stallhaltung, Holsteins:</b>			
Frühjahrskalbung	8560 ± 461	3,48 ± 0,18	7,33 ± 0,52
Herbstkalbung	7261 ± 400	3,24 ± 0,16	6,78 ± 0,45
<b>Weidehaltung, Holsteins:</b>			
Frühjahrskalbung	7329 ± 460	2,54 ± 0,18	6,98 ± 0,52
Herbstkalbung	6901 ± 400	2,01 ± 0,16	6,81 ± 0,45

Quelle: (18)

Die Über-/Unterlegenheit in der Wirtschaftlichkeit beider Haltungssysteme war verhältnismäßig variabel über die verschiedenen Jahre (mit Vorteilen für die Weide- bzw. Stallhaltung in Abhängigkeit vor allem von der Witterung (Aufwuchs) in einzelnen Jahren).

WHITE (17) nennt weitere Gesundheitsaspekte, die in dieser US-Studie beobachtet wurden (Tab. 9).

**Tabelle 9. Eutergesundheit/Mastitis-Behandlungen bei Stall-/Weidehaltung**

Haltungssystem (Rasse)	%-Anteil infizierter Kühe	Infektionen/Kuh	%-Anteil Abgänge wegen Mastitis
TMR/ganzjährige Stallhaltung (Holstein)	51,0 ± 4,5	1,06 ± 0,10	9,7 ± 1,6
Weidehaltung mit Zusatzfütterung im Stall (Holstein)	31,4 ± 4,5	0,57 ± 0,10	1,6 ± 1,6

Quelle: (17)

Auch bezüglich der Reproduktionsleistungen findet man in der Literatur wiederholt beschriebene Vorzüge für die Weidehaltung: PHILLIPS (7) verglich im Herbst und Frühjahr

abkalbende Kühe bei Weidehaltung und ganzjähriger Grassilage-Stall-Fütterung. Die im Herbst abkalbenden silagegefütterten Kühe hatten eine geringere Trächtigkeitsrate als die übrigen Tiere (68 % vs. 87 %).

Betriebsleiterbefragungen zeigen, dass die Brunstbeobachtung auf der Weide in aller Regel leichter als im Stall ist (20).

Der umfangreiche vierjährige Exaktversuch zur Stall-/Weidehaltung in den USA belegt tendenziell ein günstigeres Reproduktionsgeschehen bei Weidehaltung (Tab. 10).

**Tabelle 10. Kenngrößen zur Reproduktion bei unterschiedlicher Haltung innerhalb einer vorgegebenen 75-tägigen Besamungsperiode (nach Kalbung)**

Haltung/Fütterung (Rasse)	%-Anteil besamter Kühe (innerhalb 75 Tagen)	Trächtigkeitsrate in % (innerhalb 75 Tagen)
TMR/ganzjährige Stallhaltung (Holstein)	84,8 ± 3,5	52,8 ± 6,2
Weidehaltung mit Zusatzfütterung im Stall (Holstein)	87,0 ± 2,9	63,0 ± 5,2

Quelle: (17)

Im Rahmen eines über mehrere Jahre angelegten Vergleiches der Systeme „Sommerstallfütterung“ und „Halbtagsweide“ mit Milchkühen auf Haus Riswick/Kleve (NRW) zeigte folgendes Ergebnis: die Fruchtbarkeitsparameter wiesen innerhalb der Systeme eine große tierindividuelle Streuung. Systemabhängige Auswirkungen waren jedoch nicht zu erkennen (Tab. 11).

**Tabelle 11. Fruchtbarkeitsdaten der Milchkühe im Versuchszeitraum; Mittelwerte einschließlich zugehörige Standardabweichungen (in Klammern)**

	System Weide		System Stall	
Rastzeit (Tage)	77	(29)	85	(37)
Güstzeit (Tage)	132	(61)	134	(57)
Besamungsindex (BSI), Kühe	2,3	(1,2)	2,5	(1,5)
Zwischenkalbezeit (Tage)	412	(70)	413	(62)

Quelle: (1)

Leider fehlen neuere exakte Informationen aus Deutschland.

Weidehaltung schließt eine regelmäßige Parasitenbehandlung der weidenden Tiere ein (= erhöhtes Risiko für Magen-Darm Würmer und/oder Lungenwürmer). Weidetiere (einschl. Jungtiere!) sind deshalb – in Absprache mit dem Tierarzt – regelmäßig zu behandeln.

Die Kurzrasenweide oder die Umtriebsweide sind hier für Parasiten gleichermaßen gefährdet.

Ein interessantes Ziel moderner Milcherzeugung ist die Erhöhung des CLA-Gehaltes bzw. weiterer spezifischer Inhaltsstoffe mit besonderer ernährungsphysiologischer Bedeutung durch spezifische Fütterungs-/Haltungsmaßnahmen. Unter CLA (= englisch: *conjugated linoleic acids*) versteht man eine Gruppe von Linolsäurederivaten. Neuere Untersu-

chungen zeigen, dass die CLA zum Teil einen antitumorösen Effekt („krebshemmende“ Wirkung) besitzen. Milchrinder sind in der Lage (bakterielle Hydrierung) CLA zu bilden und mit der Milch abzugeben. Frühere Untersuchungen von DHIMAN et al. (2), die zwischenzeitlich wiederholt bestätigt wurden, weisen nach, dass mit zunehmendem Anteil frischen Weidefutters an der Gesamtration auch zunehmende CLA-Gehalte in der Milch zu finden sind (s. Tab. 12).

**Tabelle 12. Vergleich des CLA-Gehaltes bei unterschiedlicher Fütterungsstrategie der Kühe**

Fütterungsstrategie	CLA-Gehalt (mg/g Fettsäure)
1/3 Weidegras + Ergänzung <sup>1)</sup>	8,9
2/3 Weidegras + Ergänzung	14,3
100 % Weidegras	22,1

<sup>1)</sup> Ergänzung durch Kraftfutter etc.

Quelle: (2)

Die Erhöhung des CLA-Gehaltes bzw. weiterer spezifischer Inhaltsstoffe in der Milch ist ein interessantes Ziel, das jedoch nicht notwendigerweise auf die Weidehaltung beschränkt ist.

## 6 Alternative Strategien?

Internationale Vergleiche zeigen, dass Milch in unterschiedlicher Weise produziert werden kann:

- „Hochleistungsansatz“ oder
- der „Low-Cost-Ansatz“ bzw. Vollweide.

Die Vollweidehaltung verfolgt das Ziel, die Rationsanteile von Weidegras zu maximieren (11; 12; 13; 16).

Wenn Kühe während der Vegetationsperiode von ca. Mitte April bis Mitte Oktober überwiegend Weidegras fressen, spricht man von „Vollweide“.

Beide Produktionsstrategien haben zum Ziel, die Produktionskosten in der Milchproduktion gezielt zu senken.

In der Vollweide-Strategie ist die Leistung pro Kuh und Jahr nur sekundär. Dieses System wird seit Jahren in Neuseeland bzw. Irland praktiziert. Auch in Süddeutschland bzw. der Schweiz wird dieses Weidesystem aktuell zur Nutzung des absoluten Grünlandes zunehmend empfohlen (11; 13).

Ziel ist ein möglichst geringer Aufwand an Arbeit, Futter und Kapital. Wichtig ist dabei die Ausrichtung des Betriebes auf die natürlichen Bedingungen. Die Kühe geben dann Milch, wenn Gras wächst. Das Management der Herde wird vom Betriebsleiter so abgestimmt, dass die Kühe auf den Vegetationsbeginn abkalben. Im Winter feiern auch die Milchbauern sechs Wochen Ferien, was für die Lebensqualität der Familie ein enormer Gewinn darstellt.

Optimale Weideergebnisse werden erzielt, wenn es gelingt über die gesamte Weideperiode hochverdauliches Weidefutter anzubieten (Abb. 3).

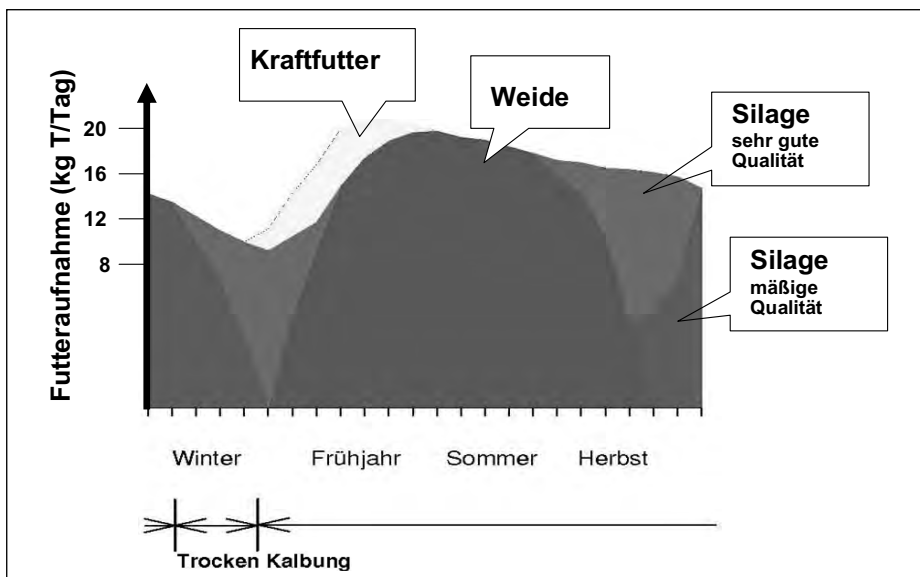


Abb. 3. Zusammensetzung der Futterrations bei saisonaler Vollweidehaltung im Jahresverlauf

Quelle: (16, modifiziert)

Das Weidegras weist in aller Regel eine hohe Energiedichte auf: im Frühjahr 6,7–7,1 und im Sommer/Herbst 6,5–6,6 MJ NEL/kg T (16).

Der Rohproteinüberschuss ist besonders in der zweiten Hälfte der Vegetationsperiode hoch, was sich in stark erhöhten Harnstoffgehalten in der Milch bemerkbar macht. Trotzdem wird die Ration in aller Regel nicht mit Kraftfutter ausgeglichen (11; 16).

Die Futter- und Energieaufnahme bei Vollweide kann nicht das Niveau einer optimal ausbalancierten TMR erreichen. Tagesleistungen von über 30 kg Milch auf der Weide zu erfüttern sind kaum möglich (11; 16).

Zusätzlich wird aus den Kennwerten in Tabelle 13 deutlich, dass die Attraktivität der Vollweide vor allem dann zunimmt, wenn die Kraftfutter- im Vergleich zu den Weidefuttermitteln sehr hoch sind und gleichzeitig eine tatsächliche Arbeitsentlastung in Verbindung mit einer deutlich verlängerten Nutzungsdauer der Milchkühe vorliegen.

Außerdem empfehlen HAIGER et al. (3) oder auch THOMET und PICCAND (14) die Nutzung einer leichteren Kuh – zwecks Begrenzung des Erhaltungsbedarfs – bei Anwendung des Vollweidesystems.

Die *Vollweide* ist vor allem dann interessant, wenn hohe Flächenprämien in Kombination möglichst mit einer speziellen Vermarktung (z. B. Biomilch, Weidemilch etc.), verbunden mit weiteren Zuschlägen für eine derartige Milcherzeugung, gegeben sind (vgl. Tab. 13).

Setzt man einen Flächenbedarf von 0,3–0,4 ha Weidefläche/Kuh voraus, werden schnell die Grenzen dieses Verfahrens sichtbar: die Verfügbarkeit arrondierter, hofnaher Weideflächen mit zunehmender Bestandsgröße (>150 Kühe/Herde).

Eine generelle Empfehlung dieses Haltungssystems kann – vor dem Hintergrund weiter wachsender Herden und zu erwartender, weiterer klimatischer Änderungen (= Zunahme extremer Wetterlagen wie Hitzestress/Dürreperioden oder Starkniederschläge) – somit auch nicht gegeben werden.

### Tabelle 13. Wichtige Kosten bei der Hochleistungs- und Vollweidestrategie



Kenngröße	Hochleistung (= 9 500 kg Milch/Kuh/Jahr)				Vollweide (= 6 500 kg Milch/Kuh/Jahr)			
	Menge	Kosten pro Einheit	€ pro Jahr	€/100 kg Milch	Menge	Kosten pro Einheit	€ pro Jahr	€/100 kg Milch
Weide**					23 dt (T)	9 €/dt	207	3,2
Grundfutter- Konserven**	42 dt (T)	16 €/dt	672	7,1	21 dt (T)	15 €/dt	315	4,8
Kraftfutter	28 dt (T)	23 €/dt	644	6,8	10 dt (T)	23 €/dt	230	3,5
Bestands- ergänzung	36 %	1 600 €/St.	576	6,1	32 %	1 600 €/St.	512	7,9
Arbeit	30 h	15 €/h	450	4,7	26 h	15 €/h	390	6,0
<b>Summe Kosten</b>			<b>2 342</b>	<b>24,7</b>			<b>1 654</b>	<b>25,4</b>
<b>Erlöse</b> aus Milchver- kauf (30 Ct/kg Milch)			2 850				1 950	
<b>Erlöse – Kosten (€/Kuh)</b>			<b>508</b>				<b>296<sup>1)</sup></b>	

T = Trockenmasse;

\*\* ohne Verluste;

<sup>1)</sup> erst bei Zuschlägen von ca. 3 Ct/kg Milch wettbewerbsfähig mit dem „Hochleistungsansatz“

Quelle: (16, modifiziert)

## 7 Weidemanagement und Treibhausgasemissionen

LOVETT et al (5) prüften zwei differenzierte Kraftfutterergänzungen (niedrig: 0,87 kg T/Tier/Tag; hoch: 5,24 kg T/Tier/Tag) bei Weidehaltung von Milchkühen bezüglich der CH<sub>4</sub>-Emissionen (vgl. Tab. 14).

Eine stärkere Kraftfutterzufütterung führte erwartungsgemäß zu einer signifikanten Erhöhung der täglichen T-Aufnahme (17,74 vs. 21,51 kg T/Tier/Tag) und zu einer deutlich besseren Milchleistung (17,55 kg Milch vs. 22,72 kg Milch/Tier/Tag). Obwohl mit erhöhter Kraftfutterzufütterung der tägliche Gesamt-CH<sub>4</sub>-Anfall stieg, reduzierte sich der CH<sub>4</sub>-Anfall mit zunehmender Kraftfuttergabe von 19,3 g CH<sub>4</sub>/kg FCM auf 16,0 g CH<sub>4</sub>/kg FCM.

Dieser Versuch belegt somit, dass eine gezielte *Kraftfutterergänzung* eine mögliche Strategie zur CH<sub>4</sub>-Reduzierung je Produkteinheit – bei Weidehaltung von Milchrindern – sein kann.

**Tabelle 14. Effekt der Kraftfutterzufütterung bei Weidehaltung auf die Methan-Emission**

Kenngröße	Kraftfutterzufütterung bei Weidehaltung		
	niedrig	hoch	Signifikanz
CH <sub>4</sub> (g/Tag)	346	399	*
CH <sub>4</sub> (g/kg T-Aufnahme)	19,6	17,8	n. s.
CH <sub>4</sub> (g/kg FCM)	19,3	16,0	+
CH <sub>4</sub> (g/kg Milchprotein)	555	509	n. s.
CH <sub>4</sub> (g/kg Milchfett)	525	428	+

Signifikanztest: \*  $P \leq 0,05$ ; +  $P \geq 0,10$ ; n. s. = nicht signifikant

Quelle: (5, gekürzt)

## 8 Verhalten der Kühe auf der Weide und Abgabe von Kot und Urin

Rinder zeigen auf einer Weide ein typisches „Camping-Verhalten“, das heißt, vor allem das Ruheverhalten lässt bevorzugte Plätze erkennen. Zu diesem Verhalten gehören:

- die Bevorzugung schattiger Plätze (Schutz vor Sonne),
- die Bevorzugung höher gelegener Stellen (vor allem bei gutem Wetter) im Sinne einer Sicherung vor Unbekanntem,
- das Ruhen an Wasserstellen (vor allem bei höheren Temperaturen).

Die Topografie der Weide hat somit einen deutlichen Effekt auf das Verhalten der Tiere. Die Verteilung der Exkremete ist eng korreliert mit der verbrachten Zeit auf der Weide bzw. im Stall. Bei ganztägigem Zugang zur Weide fallen über 80 % der Exkremete außerhalb des Stalles an (17). Das Weidemanagement, die Menge, die Art und Weise einer möglichen Zufütterung im Stall sowie das Melken sind für den Exkrementenanfall von Bedeutung.

Der Raumbedarf für ein Kot- bzw. Urinereignis kann mit 0,12 m<sup>2</sup> bzw. 0,36 m<sup>2</sup> angegeben werden (17).

Die Verteilung des Harns bzw. Kots innerhalb von 24 Stunden bei stallnaher Weide ist nachfolgend gegeben (Tab. 15):

**Tabelle 15. Verteilung des Harnens und Kotens innerhalb 24 Stunden (in %)**

Aufenthaltsort	%-Anteil der Zeit (in 24 h)	%-Anteil an Gesamthäufigkeit	
		Koten	Urinieren
Zusatzfütterung im Stall	7,3	9,1 ± 0,01	12,3 ± 0,01
Vorwarte Hof (Melkstand)	2,8	1,7 ± 0,006	2,9 ± 0,08
Melkstand	5,5	0,4 ± 0,03	0,2 ± 0,002
Treibwege/Pfade	4,3	4,0 ± 0,02	0,5 ± 0,03
Weide	81,2	84,7 ± 0,15	84,1 ± 0,15

Quelle: (17)

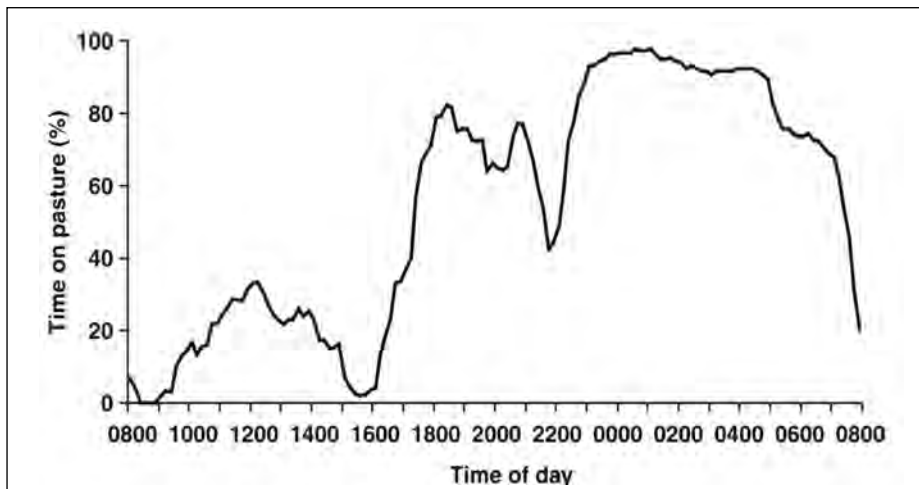


Abb. 4. Nutzung der Weide im Tagesverlauf in einer kanadischen Studie

Quelle: (21)

Eine kanadische Studie zum Wahlverhalten von Milchkühen zeigt (21), dass Kühe nicht über eine allgemeine Präferenz für oder gegen die Stall- bzw. Weidehaltung besitzen. Sondern: die Präferenz variiert je nach Tageszeit und Umweltbedingungen.

Die Präferenz für die Weide durch die Kuh selbst ist abhängig von der Tageszeit und klimatischen Faktoren. Kühe bevorzugen generell die Weide nachts und während kühlerer Tage. Wenn Kühe die Wahl hatten, verbrachten sie rund 46 % der Tageszeit im Stall, vor allem an wärmeren Tagen (Abb. 4).

Aus „Sicht einer Kuh“ ist die wohl beste Option: die Entscheidung zur Weidenutzung den Kühen selbst – durch Offenhaltung der Stalltüre – zu geben.

## 9 Weidezäune

Vor Beginn jeder Weidesaison ist eine Kontrolle und Ausbesserung der Weidezäune vorzunehmen.

Die zu verwendenden Zaun-Systeme (stationäre, halbstationäre, mobile) sind von der Standzeit der Zaunanlage abhängig. Moderne Elektrozaungeräte stehen der Sicherheit herkömmlicher Drahtzäune nicht mehr nach.

Ein dauerhaft installierter (= stationärer) Zaun, bestehend aus Pfählen (im Abstand von ca. 6 m), zwei bis drei Elektrodrähten (Stromleiter: Eisendraht) und leistungsstarkem Zaungerät, bietet an viel befahrenen Straßen hohe Hütesicherheit. Bei großen hofnahen Weideflächen empfiehlt sich die Installation eines ferngesteuerten Netzgerätes. Die Kosten für einen festen Weidezaun betragen ca. 2,50 €/m. Bei mobilen Zäunen, die sehr häufig auf- und abgebaut werden (z. B. zwecks Abtrennung von Parzellen innerhalb einer arrondierten Weidefläche), betragen die Kosten ca. 0,40 €/m [Stromleiter: Kunststofflitze (ein Draht), Zaunpfähle aus Federstahl].

Die Wirkung von Elektrozäunen beruht auf die abschreckenden Stromschläge. Die Tiere haben Angst vor den Stromschlägen und berühren den Draht deshalb nicht. Dieses Verhalten muss jedoch von den Tieren erlernt werden; am besten schon als junges Kalb (16).

Da der Elektrozaun keine mechanische Barriere darstellt, kann er entsprechend einfach gebaut sein. Die Zaunpfähle fixieren den Zaundraht auf der entsprechenden Höhe, je nach Gelände und verwendetem Drahtmaterial.

## 10 Diskussion

Das Bewerben von Milchprodukten erfolgt heute im Regelfall mit Bildern von weidenden Kühen; doch die meiste Milch kommt in der Bundesrepublik zwischenzeitlich aus ganzjährigen Stallhaltungssystemen. Zwischen Werbung und Realität klafft bereits jetzt eine Lücke.

Der Wunsch der Verbraucher nach naturnahen Haltungen favorisiert die Haltung der Kühe auf der Weide.

Die aktuellen betriebswirtschaftlich-ökonomischen Rahmenbedingungen lassen – insbesondere mit weiter wachsender Herdengröße und dem Wunsch nach weiterer Automatisierung des Melkprozesses (= Nutzung von Melkrobotern) – Vorteile für eine ganzjährige Stallhaltung mit Silagefütterung im Vergleich zur Weidehaltung erkennen.

Erschwerend kommt hinzu, dass vorausgesagte Klimaänderungen mit zunehmenden Hitzeperioden/Dürreperioden und Starkniederschlägen zusätzliche Vorteile für Stallhaltungssysteme mit ganzjähriger Silagefütterung erkennen lassen.

Das Verhindern einer weiteren Abnahme der Weidehaltung von Milchkühen – im Vergleich zur ganzjährigen Stallhaltung – erfordert gezielte Fördermaßnahmen, wie sie aktuell in Form von zusätzlichen Prämien (= Weideprämie) in einzelnen Bundesländern bereits gegeben sind.

Zusätzlich dürften Marketingkonzepte nützlich sein, die definierte Milch weidender Kühe dem interessierten Verbraucher nahe bringen.

Da eine separate Erfassung/Aufkauf und Lagerung der Milch – erzeugt in verschiedenen Haltungssystemen – erforderlich ist, könnte die Herkunftsregion gleichzeitig zusätzlich beworben werden.



Abb. 5. Starkniederschläge, wie sie im Sommer 2011 speziell im Norden Deutschlands vorlagen, erschweren leider zusätzlich die Weidehaltung

Quelle: W. BRADE)

Eine regionale Milchverarbeitung könnte wiederum für kleinere Molkereien ein bestimmendes Marktsegment werden, da große, überregional operierende Milchverarbeiter häufig nur an einfachen, vereinheitlichten Erfassungssystemen interessiert sind.

Damit könnten wiederum vor allem kleinere, häufig noch familiär geprägte Milcherzeuger mit systematischer Weidenutzung, die letztlich auch ein erhöhtes Risiko in der Milcherzeugung (im Vergleich zur ganzjährigen Stallhaltung) eingehen, die Chance erhalten, langfristig am (regionalen) Markt zu bestehen.

Der Verbraucher wird mit seinen Kaufentscheidungen von Milch und Milchprodukten letztlich über die weitere gezielte Nutzung von Weidesystemen in Deutschland mitbestimmen.

Die künftige Entwicklung der Milcherzeugung in Deutschland bleibt spannend!

## 11 Fazit

Die Vorzüge der Weidewirtschaft sind unbestritten. Das Wohlbefinden der Kühe, geringere Grundfutterkosten, die saisonale Arbeitsentlastung bei Fütterung oder Reinigung, der geringere Raumbedarf für die Silagezubereitung und den Gülleanfall einschließlich der Wunsch vieler Verbraucher nach einer Naturbelassenheit der Lebensmittelerzeugung sind wichtige Gründe, die für die Weidenutzung des Grünlandes sprechen.

Hauptgründe für den aktuellen Rückgang der Beweidung sind zurzeit vor allem die weiter wachsenden Milchkuhbestände, das geringere Risiko des Erreichens kontinuierlich hoher Tierleistungen bei ganzjähriger Stallhaltung und die zunehmende Nutzung von Melkrobotern, die wiederum den Weidegang erschweren.

Erfolgreiche Weidehaltung setzt eine ausreichende Flächenarrondierung und einen möglichst gleichmäßigen Futterzuwachs voraus. Erschwerend kommt hinzu, dass mit zunehmenden Leistungen bekanntermaßen auch höhere Futterqualitäten benötigt werden. Leichte Standorte mit beispielsweise einem hohen Risiko einer anhaltenden Sommertrockenheit bieten somit generell weniger günstige Bedingungen.

Der hohe Energie- und Nährstoffbedarf hochleistender Rinder und eine damit notwendige Zufütterung im Stall bewirken längere Stallhaltungsperioden und damit kürzere tägliche Beweidungszeiten. Mit zunehmender Milchleistung sinkt die mögliche tägliche Beweidungszeit bis hin zur stundenweisen „Siesta“-Beweidung.

Neuere Empfehlungen aus der Schweiz, Österreich und Deutschland zielen darauf ab, durch eine intensive ganztägige Weidehaltung während der Vegetationsperiode (= saisonale Vollweidehaltung), in Verbindung mit einer geblockten Abkalbung der Herde, eine Reduzierung der Produktionskosten zu erreichen (11; 12; 13; 16).

Die *Vollweide* scheint vor allem dann interessant, wenn hohe Flächenprämien in Kombination möglichst mit einer speziellen Vermarktung der Milch (z. B. Biomilch, Weidemilch etc.), gegeben sind. Setzt man einen Flächenbedarf von 0,3–0,4 ha Weidefläche/Kuh voraus, werden schnell die Grenzen dieses Verfahrens sichtbar: die Verfügbarkeit arrondierter, hofnaher Weideflächen mit zunehmender Bestandsgröße (>150 Kühe/Herde).

Eine generelle Empfehlung dieses Haltungssystems kann – vor dem Hintergrund weiter wachsender Herden und zu erwartender, weiterer klimatischer Änderungen (= Zunahme extremer Wetterlagen wie Hitzestress/Dürreperioden oder Starkniederschläge) – somit leider nicht generell gegeben werden.

Für die Praxis bleibt festzuhalten:

- I. Grünlandbewirtschaftung nach guter fachlicher Praxis in Stallnähe bietet die Möglichkeit einer tiergerechten Haltung von Milchrindern, die gleichzeitig zur Reduzierung der Grundfutterkosten und zur Förderung der Tiergesundheit genutzt werden kann.

- II. Angestrebte Höchstleistungen auf Grünlandstandorten erfordern ein Zufüttern im Stall. Gleichzeitig ändert sich damit das Weidenutzungssystem: Weg von der Ganztagsweide, hin zur stundenweisen Beweidung.
- III. Eine angestrebte hohe jährliche Milchleistung pro Kuh aus ökonomischen Gründen bewirkt zusätzliche Änderungen in der Grünlandwirtschaft. Bei hoher Zufütterung im Stall verringert sich der Grünlandbedarf. Gleichzeitig sollte daher der Düngungsaufwand zurückgefahren werden.
- IV. Die N-Bilanzierung erfordert eine Begrenzung der Stickstoffgaben; insbesondere auf der Weide. Die Integration des Weißklee als futterwertverbessernde und ertragsstabilisierende Leguminose in Weidewirtschaftssystemen verdient – vor allem in Nordwestdeutschland – verstärkte Beachtung.
- V. Der Verbraucher favorisiert die Weide- gegenüber einer ganzjährigen Stallhaltung von Milchkühen. Das Verhindern eines weiteren Rückganges der Weidehaltung erfordert gezielte Förderungsmaßnahmen und weitere ausgefeilte Marketingkonzepte.

### Zusammenfassung

Ökonomische Vorteile der Weidehaltung ergeben sich in erster Linie aus der Senkung der Futterkosten. Um sie umfassend zu erschließen, ist ein vorausschauendes Weidemanagement für eine weitgehend kontinuierliche Bereitstellung hochwertigen Weidefutters unumgänglich.

Für hochleistende Kühe empfiehlt sich die Weidehaltung als Teilweide. Die Kombination Stallhaltung/Teilweide macht es möglich, die positiven Auswirkungen des Weideganges auf die Tiergesundheit zu nutzen ohne eine Beeinträchtigung der Leistung der Kühe hinnehmen zu müssen.

Der Verbraucher favorisiert die Weide- gegenüber der ganzjährigen Stallhaltung von Milchkühen. Das Verhindern eines weiteren Rückganges der Weidehaltung erfordert gezielte Förderungsmaßnahmen und zusätzlich auch ausgefeilte Marketingkonzepte.

### Summary

#### *Advantages and disadvantages of grazing for high-yielding dairy cows*

Economic benefits of grazing result primarily from the reduction in feed costs. In order to exploit these benefits fully, it is indispensable to have a forward-looking pasture management system in order to have a practically continuous supply of high quality pasture forage.

For high-yielding cows, grazing is recommended as daily time-limited grazing (= with supplementary feeding in the barn). The combination of loose housing / time-limited grazing makes it possible to utilize the positive effects of pasturage on animal health without affecting the performance of the cows.

The consumer prefers grazing to the year-round breeding of dairy cows in the barn. The prevention of a further decline in grazing requires targeted support measures and excellent marketing concepts.

### Résumé

#### *Les vaches laitières à haute productivité élevées en pâturage – les avantages et les inconvénients*

L'élevage en pâturage présente des avantages économiques résultant avant tout d'une diminution des coûts d'alimentation. Afin d'en profiter pleinement, il est indispensable d'adapter la gestion du pâturage de façon prospective pour pouvoir fournir constamment aux animaux des herbes de pâturage de bonne qualité.

Pour les vaches laitières à haute productivité, la forme d'élevage la plus favorable est celle du pâturage à temps partiel. L'élevage en stabulation combinée avec les sorties au pâturage permet de bénéficier des effets positifs que présente la conduite au pâturage sur le bien-être des animaux sans devoir craindre une baisse de la productivité des vaches.

Les consommateurs préfèrent l'élevage en pâturage à l'élevage en stabulation permanente. Afin d'éviter que l'élevage en pâturage continue à régresser, des politiques de soutien ciblées complémentées par des pratiques de commercialisation innovantes seront nécessaires.

## Literatur

1. BEEKER, W.; BERENDONK, C.; SPIEKERS, H.; RODEHUTSCORD, M.; THOLEN, E.; PRIES, M., 2006: Weide ja oder nein? Vortrag, Forum angewandte Forschung Fulda, 05./06.04.2006.
2. DHIMAN, T. R.; ANAND, G. R.; SATTER, L. D.; PARIZA, M., 1996: Conjugated linoleic acid content of milk cows fed different diets. *J. Dairy Sci.* 79, 1996, S. 137.
3. HAIGER, H.; KNAUS, W., 2011: Vergleich von Fleckvieh mit Holstein Friesian in der Milcherzeugung ohne Kraftfutter und in der Stiermast. 38. Fachtagung Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein 2011, Vortragsband, S. 1–10.
4. KOLVER, E. S.; MULLER, L. D., 1998: Performance and nutrient intake of high producing Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *J. Dairy Sci.* 81, 1998, 1403–14.
5. LOVETT, D. K.; STOCK, L. J.; LOVELL, S.; CALLAN, J.; FLYNN, B.; HAWKINS, M.; MARA, F. P. O., 2005: Manipulating enteric methane emissions and animal performance of late-lactation dairy cows through concentrate supplementation at pasture. *J. Dairy Sci.* 88, 2836–2842.
6. PARKER, W. J.; MULLER, L. D.; FALES, S. L.; MC SWEENEY, W. T., 1993: A survey of dairy farms in Pennsylvania using minimal or intensive pasture grazing Systems. In: *Pr. Anim. Sci.*, 9, 1993, 77–85.
7. PHILLIPS, C. J. C., 1990: Adverse effects on reproductive performance and lameness of feeding grazing dairy cows partially on silage indoors. *J. Agricult. Sci.*, 115, 1990, 253–258.
8. RUST, J. W.; SHEFFER, C. C.; EIDMAN, V. R.; MOON, R. D.; MATHISON, R. D., 1995: Intensive rotational grazing for dairy cattle feeding. *Am. Journal of Alternative Agricult.*, 10, 1995, 147–151.
9. SMITH, K. L.; HOGAN, J. S., 1994: Chapter 5, Mastitis Control. In: *Intensive Grazing Seasonal Dairying: The Mahoning County Dairy Program*, Ohio State Univ., April 1994, OARDC Research Bulletin 1190.
10. TAUBE, F.; HERRMANN, A.; LOGES, R., 2009: Wie wertvoll ist Grünland? DLG-Mitteltung 5/2011.
11. THOMET, P., 2005: Vollweide - Ein Ansatz für verbesserte Wirtschaftlichkeit der Milchviehhaltung? [http://www3.fhswf.de/fbaw/download/T\\_31.08.05\\_Thomet.pdf](http://www3.fhswf.de/fbaw/download/T_31.08.05_Thomet.pdf) (Stand: 10.03.2010).
12. –; HADORN, M., 1996: Futterangebot und Milchproduktion auf Kurzrasenweiden. *Agrarforschung* 3(10), 505–508.
13. –; LEUENBERGER, S.; BLÄTTLER, T., 2004: Projekt Opti-Milch: Produktionspotential des Vollweidesystems. *Agrarforschung* 11 (8): 336–341.
14. –; PICCAND, V., 2011: Ressourceneffiziente Milchproduktion – Welcher Kuhtyp ist geeignet? 38. Fachtagung Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, 2011, Vortragsband, S. 11–18.B
15. VON BORSTEL, U.; BRADE, W., 2003: Weidehaltung von Milchrindern. *Milchpraxis* 41 Jg. 2003, S. 208–213.
16. WEISS, D.; THOMET, P., 2009: Niedrige Kosten durch Vollweidehaltung – Die Eckpunkte der praktischen Umsetzung. [http://www.aktivdrei.de/files/vollweide\\_umsetzen\\_weiss\\_thomet.pdf](http://www.aktivdrei.de/files/vollweide_umsetzen_weiss_thomet.pdf) (Zugriff am 10.05.2009).
17. WHITE, S. L., 2000: Investigation of pasture and confinement dairy feeding Systems using Jersey and Holstein Cattle. MS-Thesis, North Carolina State University, 2000, 147 S.
18. WHITE, S. L.; BENSON, A.; WESTBURN, S. R.; GREEN, J-T., 2002: Milk production and economic measures in confinement or pasture systems seasonally calved Holstein and Jersey cows. *J. Dairy Science* 85, S. 95–104 u. 105–111.
19. WITTMANN, M.; SCHRÖER, T.; PELZER, A., 2011: Weidegang senkt Gelenkschäden. *Top Agrar* 5/2011, S. R14.
20. ZUBE, P.; PRIEBE, R., 1999: Weidehaltung von Milchküherden mit hohen Leistungen. Abschlussbericht, Landesanstalt für Landwirtschaft, Land Brandenburg, 1999, 39 Seiten.
21. o. V., 2011: What Do Cows Prefer - Pasture Or Barns? <http://www.thecattlesite.com/articles/2440/what-do-cows-prefer-pasture-or-barns>, Zugriff am 20.07.2011.
22. o. V., 2012: Pressemitteilung. *Top agrar online*, vom 18.04.2012.

## Fußnoten

- 1 Für Molkereien ist der Weidegang zunehmend Teil ihres Marketings; sie versuchen mit Zuschlägen für „Weidemilch“ die Milchviehhalter (wieder) für die Weide zu begeistern. Der Anteil an Kühen in Holland, die nicht mehr weiden, stieg beispielsweise innerhalb der letzten sechs Jahre von 17 auf 26 % (10).  
Hollands Molkereien sind sich zunehmend darüber einig, dass der Weidegang wichtig ist, um das positive Image der Milch in der Öffentlichkeit zu erhalten. Hauptgründe für den aktuellen Rückgang der Beweidung sind zurzeit vor allem die wachsenden Milchviehbestände und die zunehmende Nutzung von Melkrobotern, die wiederum den Weidegang erschweren.  
FrieslandCampina zahlt seit dem 1. Januar 2012 einen Zuschlag pro kg Milch, wenn die Kühe mindestens 120 Tage im Jahr täglich sechs Stunden auf der Weide sind; auch Cono Kaasmaker oder der Käsespezialist CZ Rouveen zahlt eine Extra-Prämie für „Weide-Kühe“.

*Autorenanschrift:* Prof. Dr. WILFRIED BRADE, Tierärztliche Hochschule Hannover (TiHo); zurzeit:  
Leibniz-Institut (FBN) für Nutztierbiologie Dummerstorf, Wilhelm-Stahl-Allee 2,  
18196 Dummerstorf

[brade@fbn-dummerstorf.de](mailto:brade@fbn-dummerstorf.de)



# Ökologischer Landbau in Deutschland – Zu den Bestimmungsgründen von Umstellung und Rückumstellung

Von SANNA HEINZE und ALEXANDER VOGEL, Kiel

## 1 Motivation

Die gesellschaftlichen Diskussionen um Lebensmittelsicherheit, Tierschutz und nachhaltige Erzeugung von Nahrungsmitteln haben dazu geführt, dass die Bedeutung der ökologischen Landwirtschaft in Europa deutlich gewachsen ist. Aufgrund der gestiegenen Konsumentennachfrage nach ökologisch erzeugten Produkten sowie der staatlichen Förderung für ökologische Landwirtschaft nahm die Zahl der ökologisch wirtschaftenden Betriebe in den letzten Jahren europaweit stark zu. Auch in Deutschland ist ihre Anzahl kontinuierlich gewachsen und hat sich in den letzten zehn Jahren nahezu verdoppelt. Aktuell bewirtschaften 16 532 Betriebe rund 6 % der deutschen Agrarfläche nach den Regeln des ökologischen Landbaus (26).

Welche Dynamik sich hinter dem Wachstum des ökologischen Landbaus in Deutschland verbirgt, ist bisher jedoch weitgehend unklar. Dies liegt unter anderem auch darin begründet, dass die Standardveröffentlichungen der amtlichen Statistik nur eine Betrachtung der Nettoentwicklung der Betriebszahlen erlauben. Mit Blick auf diese Nettoentwicklung im Ökolandbau ist die Verdopplung der ökologisch bewirtschafteten Betriebe als positiver Trend zu interpretieren. In der Praxis zeigt sich jedoch, dass gleichzeitig ein gegenläufiger Effekt existiert, gekennzeichnet durch Betriebe, die aus der ökologischen Landwirtschaft aussteigen und nachfolgend (wieder) konventionell wirtschaften.

Ein erstes Ziel dieses Beitrages ist es daher, die Dynamik hinter der Nettoentwicklung des ökologischen Landbaus in Deutschland genauer zu quantifizieren. Im Gegensatz zu den bisherigen Standardveröffentlichungen der amtlichen Statistik werden dafür die amtlichen Agrarstatistiken in einer zu einem Paneldatensatz verknüpften Form verwendet. Dieser Paneldatensatz ermöglicht es, die Entwicklung auf einzelbetrieblicher Ebene zu verfolgen, um einerseits landwirtschaftliche Betriebe zu identifizieren, die von konventioneller auf ökologische Bewirtschaftung umstellen (Umsteller) und um andererseits diejenigen Betriebe zu identifizieren, die von ökologischer auf konventionelle Bewirtschaftung (zurück) umstellen (Rückumsteller).

Aufbauend auf dieser Quantifizierung des Umfangs von Umstellung und Rückumstellung in Deutschland ist ein zweites Ziel des Artikels, erste Indizien für mögliche Bestimmungsgründe von Umstellung und Rückumstellung zu liefern. Die bisherige Literatur zeigt, dass die Ermittlung von Gründen für die Umstellung auf ökologischen Landbau sowie für die Rückumstellung zur konventionellen Bewirtschaftung einen besonders interessanten Forschungsbereich in der Agrarökonomie darstellt. So untersuchen zum Beispiel WYNN et al. (28) den Einfluss von Betriebscharakteristika auf die Umstellungsentscheidung von Betrieben in Schottland. GARDEBROEK (8) geht dieser Fragestellung für Betriebe in den Niederlanden nach. Hinsichtlich des Ausmaßes der Rückumstellung und deren Determinanten sind erste Ergebnisse für das Beispiel Österreich bei SCHNEEBERGER et al. (24), für Dänemark bei SAUER/PARK (22) sowie für Irland bei LÄPPLE (13) zu finden. Weitere europäische Studien zum Ausstieg aus dem Ökolandbau sind dem Literaturüberblick von BEHRENS et al. (3) zu entnehmen. Da entsprechende Untersuchungen für Deutschland

bisher fehlen, knüpft der vorliegende Beitrag an die bestehende internationale Literatur an und liefert erste Anhaltspunkte, welche Rolle die im Rahmen der amtlichen Agrarstatistiken erhobenen einzelbetrieblichen Faktoren bei der Umstellung und Beibehaltung des ökologischen Landbaus in Deutschland spielen. Die Analyse wird dabei getrennt für Ost- und Westdeutschland durchgeführt, da sich die Struktur der Landwirtschaft in den beiden Regionen auch über 20 Jahre nach der deutschen Wiedervereinigung noch deutlich unterscheidet.

Der Beitrag ist im Weiteren wie folgt gegliedert: Zunächst werden in Kapitel 2 die amtlichen Agrarstatistiken als Datengrundlage der Untersuchung vorgestellt. In Kapitel 3 wird der Umfang von Umstellung und Rückumstellung in Deutschland näher quantifiziert und ein Überblick über die regionale Verteilung der beiden Phänomene gegeben. Daran anschließend geht Kapitel 4 auf mögliche Bestimmungsgründe für Umstellung und Rückumstellung ein. Kapitel 5 fasst die Ergebnisse dieses Beitrags zusammen und zeigt weiteren Forschungsbedarf auf.

## 2 Datengrundlage: Die amtlichen Agrarstatistiken

Die Grundlage für die folgenden Analysen bilden die durch die amtliche Statistik erhobenen Daten der Landwirtschaftszählungen 1999 und 2010 sowie der allgemeinen Agrarstrukturerhebungen 2003 und 2007.

Allgemeine Agrarstrukturerhebungen wurden in Deutschland zwischen 1975 und 2007 in einem vierjährigen Rhythmus durchgeführt. Sie stellen umfangreiche Informationen zu allen landwirtschaftlichen Betrieben bezüglich der folgenden Merkmale bereit: Rechtsform, Bodennutzung, Viehbestände, Gewinnermittlungsverfahren, Arbeitskräfte und außerbetriebliche Einkommensquellen. Zu diesen Merkmalen zählt auch die in der vorliegenden Untersuchung verwendete Angabe zur Teilnahme am Kontrollverfahren zum ökologischen Landbau nach Verordnung (EWG) Nr. 2092/91. Darüber hinaus wurde aus allen befragten Betrieben eine Stichprobe von rund 100 000 Betrieben gezogen, die zusätzlich zu den oben genannten Fragen weitere Angaben zu Eigentums- und Pachtverhältnissen, Pachtflächen und -entgelten, Wirtschaftsdünger, Einkommenskombinationen und Umweltmerkmalen machen mussten. Diese sogenannten Stichprobenbetriebe wurden zuvor mittels einer geschichteten Zufallsauswahl bestimmt.

Rund alle 10 Jahre finden umfassende Agrarstrukturerhebungen – die sogenannten Landwirtschaftszählungen – statt. Sie liefern einen größeren Umfang von Informationen zu allen Betrieben sowie weitere Details zu den Stichprobenbetrieben. Zuletzt fanden Landwirtschaftszählungen in den Jahren 1999 und 2010 statt.

Die Einzeldaten der Landwirtschaftszählungen 1999 und 2010 sowie der Agrarstrukturerhebungen 2003 und 2007 sind über die Forschungsdatenzentren der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder für wissenschaftliche Analysen zugänglich (siehe 30 für nähere Informationen zur Nutzung von amtlichen Mikrodaten). Eine Besonderheit stellt das in der vorliegenden Untersuchung verwendete AFiD-Panel Agrarstruktur<sup>1</sup> dar. Hier wurden die Daten der Landwirtschaftszählung 1999 beziehungsweise der Agrarstrukturerhebungen der Jahre 2003 und 2007 über die Betriebsnummern zu einem Paneldatensatz verknüpft (für nähere Informationen zum AFiD-Panel Agrarstruktur siehe 9). Für die vorliegende Analyse wurde das AFiD-Panel Agrarstruktur zusätzlich mit den Daten der Landwirtschaftszählung 2010 verknüpft. Diese Verknüpfung ermöglicht es, die Entwicklung der landwirtschaftlichen Betriebe über die vier Berichtsjahre 1999, 2003, 2007 und 2010 auf einzelbetrieblicher Ebene zu identifizieren.

Die für die folgenden Analysen verwendete Datengrundlage umfasst alle landwirtschaftlichen Betriebe mit einer landwirtschaftlich genutzten Fläche von mindestens 5 ha

oder mit einem bestimmten Mindestumfang der tierischen oder pflanzlichen Produktion.<sup>2</sup> Diese Erfassungsgrenzen sind beim Vergleich mit Zahlen zum ökologischen Landbau auf der Basis anderer Datenbestände (wie etwa der Daten des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, siehe 5) zu beachten. Bei regionalen Auswertungen ist zu berücksichtigen, dass die Daten nach dem Betriebsprinzip erhoben wurden. Dies bedeutet, dass sämtliche Flächen und Viehbestände unabhängig von ihrer tatsächlichen Belegenheit am Ort des Betriebs sitzes gezählt werden.

Ökologisch wirtschaftende Betriebe sind im Folgenden definiert als landwirtschaftliche Betriebe, deren pflanzliche und/oder tierische Erzeugung komplett oder zu Teilen dem Kontrollverfahren nach der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 beziehungsweise der Verordnung (EG) Nr. 834/2007 zum ökologischen Landbau unterliegt. Die betreffende Frage in den Fragebögen der Jahre 1999, 2003 und 2007 lautet diesbezüglich wie folgt: „Unterliegt Ihr Betrieb dem Kontrollverfahren nach der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 zum ökologischen Landbau?“ beziehungsweise im Jahr 2010: „Unterliegt Ihr Betrieb dem Kontrollverfahren nach der Verordnung (EG) Nr. 834/2007 zum ökologischen Landbau?“. Dieses Merkmal wurde in jedem der vier Berichtsjahre erhoben und liegt somit für alle, zur oben beschriebenen Erhebungsgesamtheit gehörenden, landwirtschaftlichen Betriebe vor.<sup>3</sup>

Im Folgenden werden die Daten zunächst dazu genutzt, einen deskriptiven Überblick hinsichtlich der Entwicklungen im deutschen Ökolandbau zwischen 2007 und 2010 zu geben.

### 3 Umstellung und Rückumstellung: Ein deskriptiver Überblick

Die auf den Agrarstrukturerhebungen basierenden Standardveröffentlichungen der amtlichen Statistik (vgl. z. B. 26) erlauben bisher nur eine Betrachtung der Nettoentwicklung der Betriebszahlen im ökologischen Landbau. So stieg die Anzahl der Ökobetriebe in Deutschland von 13 838 im Jahr 2007 auf 16 532 Ökobetriebe im Jahr 2010. Dies entspricht einer Zunahme von 19 %.

Eine nähere Betrachtung der dahinterliegenden Entwicklungen ist jedoch auf Basis der Standardveröffentlichungen nicht möglich. Erst die im AFiD-Panel Agrarstruktur erfolgte Verknüpfung der Erhebungsjahre auf einzelbetrieblicher Ebene ermöglicht die Identifizierung von Betrieben, die von konventioneller auf ökologische Bewirtschaftung umstellen sowie die Identifizierung von Betrieben, die von ökologischer zurück in die konventionelle Bewirtschaftung wechseln.

Tabelle 1 zeigt die Entwicklung der 2007 existierenden landwirtschaftlichen Betriebe hinsichtlich der Art ihrer Bewirtschaftung. Umsteller sind dabei definiert als Betriebe, die 2007 konventionell wirtschafteten, 2010 aber angaben, dem Kontrollverfahren zum ökologischen Landbau nach Verordnung (EG) Nr. 834/2007 zu unterliegen. Bei Rückumstellern handelt es sich um Betriebe, die 2007 nach den Richtlinien des ökologischen Landbaus wirtschafteten und bis 2010 zur konventionellen Bewirtschaftung (zurück-) wechselten. Abgänger sind schließlich Betriebe, die 2010 nicht mehr im Datensatz vorhanden sind. Dies sind entweder Betriebe, welche den Markt verlassen haben, unter die Erfassungsgrenze gesunken sind, mit anderen Betrieben fusioniert oder ihren Betriebsitz in ein anderes Bundesland verlegt haben.

**Tabelle 1. Entwicklung der 2007 existierenden landwirtschaftlichen Betriebe hinsichtlich der Art der Bewirtschaftung**

	Anzahl der Betriebe	Anteil (in %) bezogen auf die 2007 existierenden ...		
		Betriebe insgesamt	konventionellen Betriebe	Ökobetriebe
<b>Konventionell wirtschaftende Betriebe 2007</b>	<b>307 800</b>	<b>95,7</b>	<b>100,0</b>	
davon:				
2007 und 2010 konventionell bewirtschaftet	271 210	84,3	88,1	
Umsteller (2010 ökologisch bewirtschaftet)	3 909	1,2	1,3	
Abgänger (2010 nicht im Datensatz)	32 681	10,2	10,6	
<b>Ökologisch wirtschaftende Betriebe 2007</b>	<b>13 838</b>	<b>4,3</b>		<b>100,0</b>
davon:				
2007 und 2010 ökologisch bewirtschaftet	11 788	3,7		85,2
Rückumsteller (2010 konventionell bewirtschaftet)	1 258	0,4		9,1
Abgänger (2010 nicht im Datensatz)	792	0,2		5,7
<b>Landwirtschaftliche Betriebe 2007</b>	<b>321 638</b>	<b>100,0</b>		

*Quelle:* Forschungsdatenzentren der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder; AFiD-Panel Agrarstruktur 1999, 2003, 2007; Landwirtschaftszählung 2010; eigene Berechnungen. Die Daten des Jahres 2007 wurden an die Erfassungsgrenzen des Jahres 2010 angepasst.

Insgesamt gab es 2007 in Deutschland 307 800 konventionell und 13 838 ökologisch wirtschaftende Betriebe. Der überwiegende Teil der 2007 existierenden konventionellen Betriebe (88 %) sowie der überwiegende Teil der 2007 existierenden ökologischen Betriebe (85 %) behielt seine Art der Bewirtschaftung auch 2010 bei. Gut 1 % der 2007 konventionell wirtschaftenden Betriebe stellte bis 2010 auf die ökologische Wirtschaftsweise um (Umsteller). Ein Anteil von knapp 11 % der 2007 konventionell wirtschaftenden Betriebe zählte zu den Abgängern. Im Vergleich dazu stellten bei den 2007 ökologisch wirtschaftenden Betrieben die Abgänger mit knapp 6 % einen wesentlich geringeren Anteil. Hier entfielen jedoch rund 9 % auf Rückumsteller, die 2010 wieder konventionell wirtschafteten. Dies zeigt deutlich, dass hinter dem positiven Trend einer insgesamt zunehmenden Anzahl an Ökobetrieben in Deutschland auch eine gegenläufige Bewegung zu verzeichnen ist. Zwischen 2007 und 2010 kehrte jeder elfte Ökobetrieb zur konventionellen Bewirtschaftung zurück.

Einen Überblick über die regionale Verteilung von Umstellern und Rückumstellern liefern die Abbildungen 1 und 2. In Abbildung 1 ist der prozentuale Anteil der Rückumsteller an den Betrieben, die 2007 ökologisch wirtschafteten, dargestellt. Abbildung 2 zeigt den

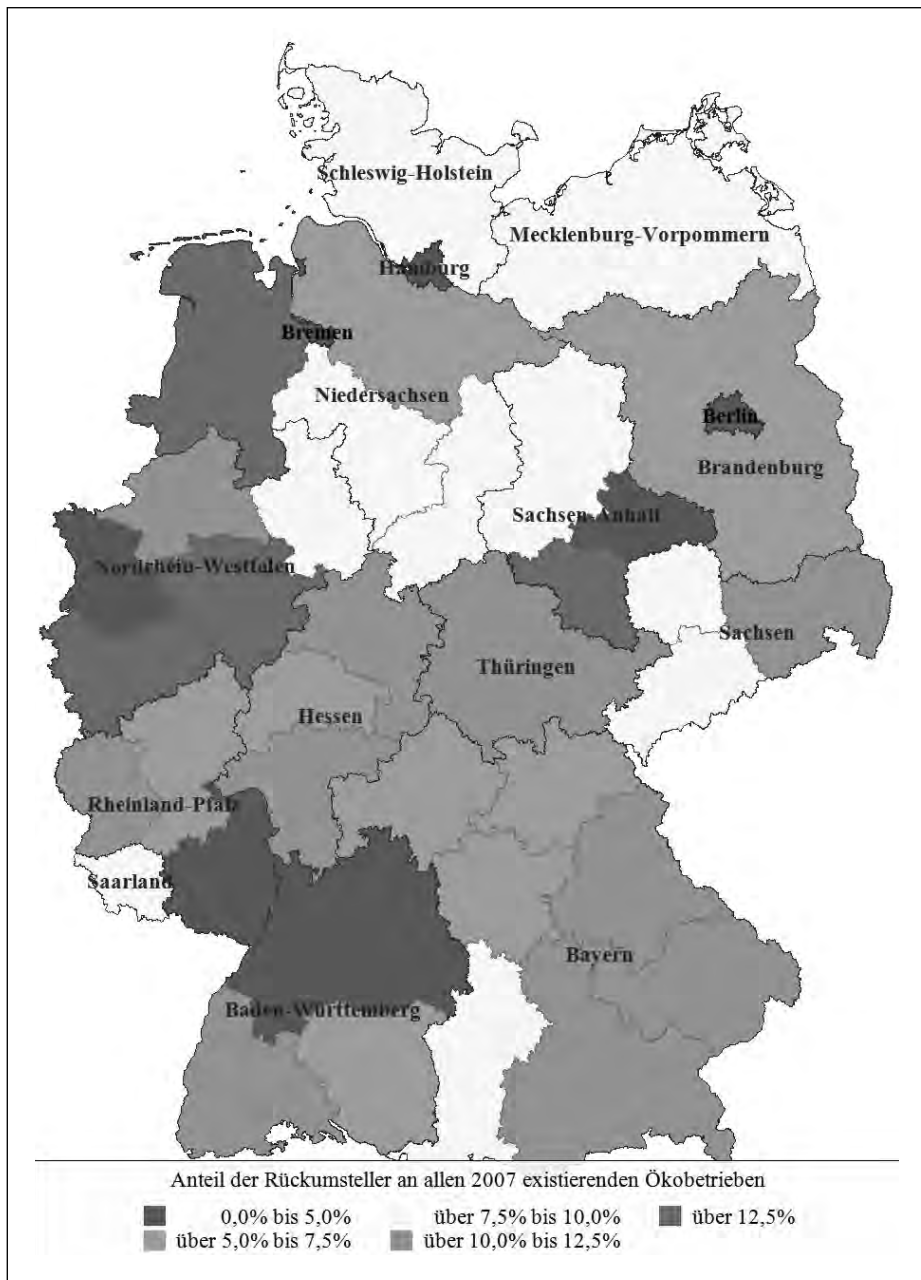


Abb. 1. Anteil der bis 2010 auf konventionelle Bewirtschaftung rückumgestellten Betriebe an den im Jahr 2007 ökologisch bewirtschafteten Betrieben

Quelle: Forschungsdatenzentren der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder, AFiD-Panel Agrarstruktur 1999, 2003, 2007, Landwirtschaftszählung 2010, eigene Berechnungen. Die Daten des Jahres 2007 wurden an die Erfassungsgrenzen des Jahres 2010 angepasst.

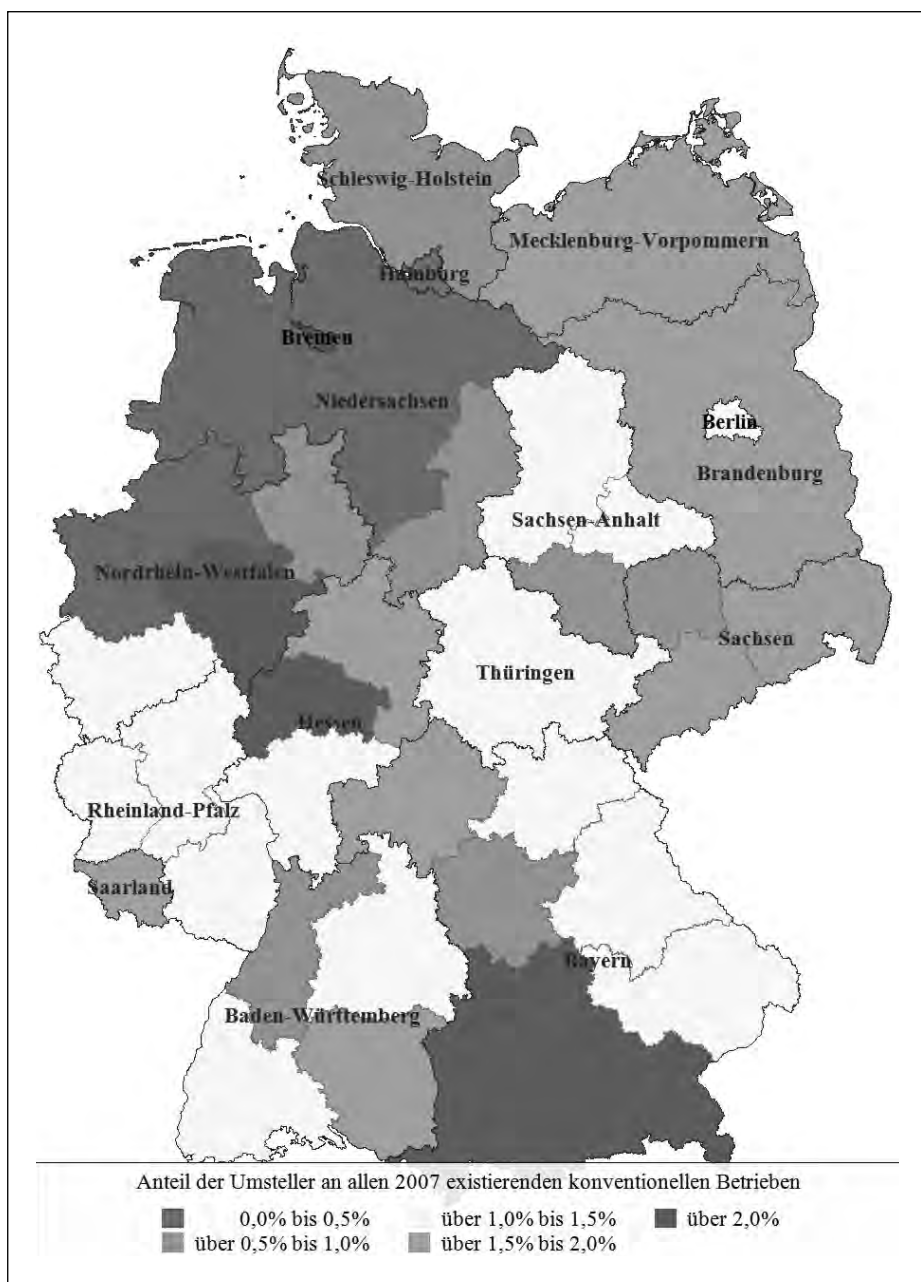


Abb. 2. Anteil der bis 2010 auf ökologische Bewirtschaftung umgestellten Betriebe an den im Jahr 2007 konventionell bewirtschafteten Betrieben

Quelle: Forschungsdatenzentren der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder, AFiD-Panel Agrarstruktur 1999, 2003, 2007, Landwirtschaftszählung 2010, eigene Berechnungen. Die Daten des Jahres 2007 wurden an die Erfassungsgrenzen des Jahres 2010 angepasst.

prozentualen Anteil der Umsteller an allen 2007 existierenden konventionellen Betrieben. Als regionale Gliederungsebene wurden die Regierungsbezirke beziehungsweise in den Bundesländern Niedersachsen, Rheinland-Pfalz und Sachsen-Anhalt die statistischen Regionen der ehemaligen Regierungsbezirke gewählt. Für Bundesländer ohne Regierungsbezirke ist die Bundeslandebene dargestellt.

Abbildung 1 lässt erkennen, dass insbesondere im westlichen Niedersachsen sowie im Süden Nordrhein-Westfalens und Sachsen-Anhalts ein beträchtlicher Anteil der Ökobetriebe zur konventionellen Bewirtschaftung zurückkehrte. Der höchste Rückumstelleranteil lag mit 19 % im nordrhein-westfälischen Regierungsbezirk Köln. Doch auch in Thüringen, im Osten Bayerns, Sachsens und Hessens sowie im Westen von Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg wirtschaftete mehr als jeder zehnte Ökobetrieb 2010 wieder konventionell.

Im Norden Baden-Württembergs und von Rheinland-Pfalz hingegen lassen sich tendenziell weniger Rückumsteller finden. Den geringsten Anteil an Rückumstellern gab es allerdings neben den Stadtstaaten Hamburg, Berlin und Bremen (jeweils 0 %) mit 1,9 % im ehemaligen sachsen-anhaltinischen Regierungsbezirk Dessau.

Abbildung 2 verdeutlicht darüber hinaus, dass sich im Hinblick auf die Umstellung zum ökologischen Landbau im Nordwesten Deutschlands die niedrigsten Umstellerquoten finden lassen. Der geringste Anteil entfiel mit 0,1 % auf den nordrhein-westfälischen Regierungsbezirk Münster. Aber auch in weiten Teilen Niedersachsens und in Hamburg ist der Anteil der bis 2010 auf ökologische Bewirtschaftung umgestellten Betriebe an den im Jahr 2007 konventionell wirtschaftenden Betrieben mit Werten bis 0,5 % nur gering.

Regionen mit verhältnismäßig hohen Anteilen an umstellenden Betrieben liegen in Südbayern, im südwestlichen Nordrhein-Westfalen, in Mittelhessen und Bremen. Der größte Anteil an Umstellern findet sich mit 2,8 % im bayrischen Regierungsbezirk Schwaben.

## 4 Bestimmungsründe von Umstellung und Rückumstellung

### 4.1 Empirisches Modell

Zur näheren Untersuchung möglicher Bestimmungsründe der Umstellung von konventioneller zur ökologischen Bewirtschaftung sowie der Rückumstellung von ökologischer zur konventionellen Wirtschaftsweise wird für beide Ereignisse getrennt die Eintrittswahrscheinlichkeit mithilfe von Probit-Modellen geschätzt.<sup>4</sup> In der ersten Probitschätzung wird analysiert, wodurch sich Umstellungsbetriebe von Betrieben unterscheiden, die während des Analysezeitraums stets konventionell gewirtschaftet haben. Die zweite Schätzung geht innerhalb der Gruppe der Ökobetriebe der Frage nach, welche Faktoren die Wahrscheinlichkeit der Beibehaltung des ökologischen Landbaus erhöhten.

In beiden Schätzungen ist die abhängige Variable eine binäre Variable, welche angibt, ob ein Betrieb im Jahr 2010 ökologisch bewirtschaftet wurde oder nicht. Die in der Analyse verwendeten erklärenden Variablen beziehen sich (falls nicht anders angegeben) auf das Jahr 2007. Ihr erwarteter Einfluss auf die Umstellungs- und Beibehaltungswahrscheinlichkeit wird im Folgenden näher vorgestellt:

Hinsichtlich der Betriebsgröße finden die Variablen landwirtschaftlich genutzte Fläche, Umfang der gehaltenen Großvieheinheiten sowie Anzahl der Beschäftigten insgesamt (bestehend aus der Summe der Familien-, ständigen und Saisonarbeitskräfte) Berücksichtigung. Wie unter anderem GARDEBROEK (8) zeigt, ist ein positiver Einfluss der Betriebsgröße auf die Umstellungsentscheidung zu erwarten, da für die extensive Produktionsweise im ökologischen Landbau eine umfangreichere Flächenausstattung benötigt wird. BICHLER et al. (4) führen zudem in ihrem Literaturüberblick zu den Bestimmungsründen der räumlichen Verteilung des ökologischen Landbaus in Deutschland an, dass

nach Studien von SCHULZE PALS (25), KIRNER/SCHNEEBERGER (10) sowie ZERGER/HAAAS (29) ökologische Betriebe über eine höhere Flächenausstattung verfügen als konventionelle Betriebe. Dies legt auf einzelbetrieblicher Ebene die Hypothese nahe, dass Betriebe mit einer größeren Flächenausstattung eine höhere Eintrittswahrscheinlichkeit in den ökologischen Landbau sowie eine höhere Wahrscheinlichkeit der Beibehaltung des ökologischen Landbaus aufweisen.

Darüber hinaus ist zu vermuten, dass eine größere Anzahl an Arbeitskräften für den Ökolandbau aufgrund von höherer Terminbindung und Substitution von Vorleistungen wie beispielsweise der eigenen Futterproduktion anstatt Zukaufs bedeutend ist. Dies deckt sich mit OFFERMANN/NIEBERG (16), die anführen, dass der Arbeitsaufwand in Ökobetrieben durch den verstärkten Anbau von arbeitsintensiven Früchten und die größere Bedeutung von Direktvermarktung im Mittel circa 10 bis 20 % höher ausfällt als bei konventionellen Vergleichsbetrieben. Von größeren Tierbeständen sollte ein positiver Effekt auf die Beibehaltung des ökologischen Landbaus ausgehen, da diese organischen Dünger für die Pflanzenproduktion zur Verfügung stellen und somit das betriebliche Nährstoffmanagement erleichtern. So zeigt LÄPPEL (13) beispielsweise, dass eine hohe Viehdichte mit einer geringen Bereitschaft für den Wechsel zurück zur konventionellen Bewirtschaftung einhergeht. WYNN et al. (28) belegen aber, dass eine intensivere Landwirtschaft mit einer höheren Viehdichte und einem höheren Ackerlandanteil die Wahrscheinlichkeit des Eintritts in den Ökolandbau senkt. Daher ist von einem negativen Effekt größerer Viehbestände auf die Umstellung auszugehen.

Der erwartete Einfluss des Dummys Nebenerwerbsbetrieb stellt sich ambivalent dar: einerseits sind Nebenerwerbslandwirte nicht ausschließlich auf das Einkommen aus der Landwirtschaft angewiesen. So kommen SAUER et al. (23) als auch SAUER/PARK (22) in ihrer Analyse dänischer Milchviehbetriebe zu dem Schluss, dass sich bei steigendem außerbetrieblichem Einkommen die Wahrscheinlichkeit eines Austritts aus dem Ökolandbau verringert (auch wenn hier eventuell hintergründig das Bildungsniveau eine Rolle spielt). Andererseits kann der Ökolandbau durch seine umfassenden Regelungen aber auch einen zu hohen Aufwand für Nebenerwerbsbetriebe bedeuten, insbesondere verursacht durch die hohe Terminbindung oder den erhöhten bürokratischen Aufwand. Diese These wird beispielsweise von LÄPPEL (13) gestützt, die zeigt, dass sich die Ausübung einer außerbetrieblichen Tätigkeit positiv auf die Austrittswahrscheinlichkeit aus dem ökologischen Landbau auswirkt. Ein hoher Anteil von Familienarbeitskräften könnte sich hingegen positiv auf Umstellung und Beibehaltung auswirken, da die Beschäftigung von familienfremden Arbeitskräften mit höheren Transaktionskosten verbunden ist.

Um die Erfahrungen in der ökologischen Landwirtschaft zu berücksichtigen, wurden zwei Dummyvariablen in das Modell aufgenommen, die angeben, ob der Betrieb schon 1999 beziehungsweise 2003 unter ökologischer Bewirtschaftung stand. Im Falle der Umstellungsentscheidung ist ein positiver Effekt zu erwarten, wenn der Betrieb 1999 oder 2003 schon einmal ökologisch gewirtschaftet hat. Im Falle der Beibehaltung ist ebenfalls von einem positiven Effekt von bereits gesammelten Erfahrungen im Ökolandbau aufgrund von Pfadabhängigkeiten auszugehen. So zeigen zum Beispiel SCHNEEBERGER et al. (24), dass langjährige Biobetriebe etwas weniger zum Ausstieg tendieren als spätere Umsteller.

Hinsichtlich des Einflusses des Grünlandanteils kommen WYNN et al. (28) in ihrer Analyse schottischer Betriebe zu dem Ergebnis, dass Betriebe mit einer höheren Eintrittswahrscheinlichkeit in die ökologische Landwirtschaft einen größeren Anteil an extensivem Dauergrünland aufweisen als Betriebe mit einer geringeren Eintrittswahrscheinlichkeit. Analog dazu verdeutlichen BICHLER et al. (4, S. 53): „In Studien von SCHULZE PALS (25), OFFERMANN (15) sowie ZERGER/HAAAS (29) wird eine positive Beziehung zwischen dem Grünlandanteil und dem Anteil ökologisch bewirtschafteter Fläche festgestellt.“ Daraus



lässt sich ein positiver Einfluss des Grünlandanteils auf die Umstellungs- und Beibehaltungswahrscheinlichkeit ableiten.

Drei weitere Variablen kontrollieren den Gemüse-, Obst- und Rebflächenanteil, deren erwarteter Einfluss nicht eindeutig zu prognostizieren ist: Einerseits ist das Management von Gartenbau- und Dauerkulturen zwar sehr anspruchsvoll, andererseits ist hier aber eine besonders hohe Einkommenserzielung möglich.

Die betriebswirtschaftliche Ausrichtung findet als Dummyvariable mit der Referenzkategorie Futterbaubetrieb (Weideviehbetrieb) Eingang in das Modell, um für Unterschiede zwischen den Ausrichtungen zu kontrollieren. So sind zum Beispiel nach „RANTZAU et al. (20), PADEL et al. (17) sowie REGOUIN (21) [...] vor allem Futterbau- und Gemischtbetriebe [(Verbundbetriebe)] im ökologischen Landbau zu finden, da diesen die Umstellung leichter fällt als beispielsweise Veredlungsbetrieben“ (4, S. 52).

Zwei weitere betriebliche Faktoren werden ausschließlich bei der Analyse der Beibehaltung berücksichtigt. Für Betriebe, die im Jahr 2007 ökologisch wirtschafteten, ist ein positiver Einfluss der Dummyvariable zu erwarten, die angibt, ob auf dem Betrieb ökologisch gehaltene Tiere vorhanden sind. Darüber hinaus ist anzunehmen, dass sich ein zunehmender Umstellungsgrad positiv auswirkt, da Betriebe, die vollständig umgestellt sind, seltener wieder zur konventionellen Bewirtschaftung zurückkehren, weil sie beispielsweise in einen Verband integriert sind.

Regionale Faktoren werden in den Modellen zum einen über den Anteil der Ökoberriebe im Kreis abgebildet. Hier ist zu erwarten, dass ein höherer Anteil bessere Weiterverarbeitungsmöglichkeiten für die eigenen Produkte nach sich zieht. Damit wird auch die Erzielung höherer Preise ermöglicht, was sich infolgedessen positiv auf die Umstellung beziehungsweise Beibehaltung auswirkt. So weisen LATACZ-LOHMANN et al. (12) Nachbarschaftseffekte auch im ökologischen Landbau nach. Gibt es eine größere Anzahl ökologisch wirtschaftender Landwirte in einer Region, verringern sich negative Netzwerkexternalitäten (wie die Einkreuzung gentechnisch veränderter Pflanzen oder das Risiko von Abdriftschäden) und erhöhen sich positive Netzwerkexternalitäten (zum Beispiel durch eine ausgebildete Vorleistungs- und nachgelagerte Industrie, einen verbesserten Informationsaustausch zwischen den Landwirten sowie einfacheren Aufbau von Nützlingspopulationen).

Denselben positiven Effekt dürften auch die Bevölkerungsdichte und das verfügbare Einkommen der privaten Haushalte im Kreis hervorrufen, da sich mit zunehmenden Werten die Absatzmöglichkeiten für ökologische Produkte verbessern. So zeigen BICHLER et al. (4, S. 53) in ihrem Literaturüberblick: „Ein wesentliches Entscheidungskriterium für den Kauf von ökologischen Lebensmitteln ist das Einkommen der Konsumenten (19, [...], 6, [...]). Verbraucher mit höherem Einkommen kaufen einen höheren Anteil an ökologischen Produkten als Verbraucher mit niedrigem Einkommen.“

Um für weitere potenzielle regionale Faktoren, wie etwa die in der Literatur angeführte unterschiedliche Höhe der Prämienzahlungen (vgl. z. B. 18), zu kontrollieren, wird zusätzlich ein volles Set an Regierungsbezirksumummies in die Schätzungen aufgenommen.

Neben den in den amtlichen Agrarstatistiken zur Verfügung stehenden Einflussfaktoren existiert eine Vielzahl weiterer Merkmale, die einen Einfluss auf die Umstellung und Beibehaltung haben. So zeigt sich in der Literatur (vgl. u. a. 7 oder 13) zum Beispiel die besondere Bedeutung der persönlichen Einstellung des Betriebsleiters – etwa zum Umweltschutz oder hinsichtlich der Risikobereitschaft bei der Umstellungs- und Rückumstellungsentscheidung. Durch das Fehlen relevanter Variablen ist bei der Interpretation der Ergebnisse zu beachten, dass mithilfe der geschätzten Modelle nur Aussagen über statistische Zusammenhänge zwischen den erklärenden Variablen und der Umstellung beziehungsweise Beibehaltung getroffen werden können. Damit ist es zwar möglich, erste Indizien dafür zu liefern, wie sich die untersuchten Gruppen voneinander unter-

scheiden, es muss sich dabei aber nicht notwendigerweise um kausale Zusammenhänge handeln. Eine Übersicht über die Definitionen der verwendeten erklärenden Variablen sowie deren erwarteter Einfluss auf die Eintrittswahrscheinlichkeit von Umstellung und Beibehaltung findet sich in Tabelle 2.

**Tabelle 2. Definition der erklärenden Variablen und ihr erwarteter Einfluss auf die Umstellungs- und Beibehaltungswahrscheinlichkeit**

Variable	Definition (Dimension)	Erwarteter Einfluss
Landwirtschaftlich genutzte Fläche	Landwirtschaftlich genutzte Fläche (in Hektar)	+
Großvieheinheiten	Anzahl der Tiere in Großvieheinheiten (GVE)	Umstellung: - Beibehaltung: +
Beschäftigte	Summe aus Familienarbeitskräften, ständig Beschäftigten und nicht ständig Beschäftigten (Personen)	+
Anteil Familienarbeitskräfte	Anteil der Familienarbeitskräfte an allen Beschäftigten (in %)	+
Nebenerwerbsbetrieb	Rechtsform Einzelunternehmen und Nebenerwerb (1) Rechtsform Einzelunternehmen und Haupterwerb sowie Rechtsformen juristische Person und Personengesellschaften (0) (Dummy)	+ / -
Ökotierte vorhanden	Mindestens ein Teil der Tiere wurden auf ökologische Bewirtschaftung umgestellt (1) ansonsten (0) (Dummy) (Diese Variable wird nur bei der Schätzung der Beibehaltung verwendet)	+
Umstellungsgrad	Anteil der ökologisch genutzten Fläche an der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche (in %) (Diese Variable wird nur bei der Schätzung der Beibehaltung verwendet)	+
Ökobetrieb im Jahr 1999/2003	Der Betrieb wurde 1999 bzw. 2003 ökologisch bewirtschaftet (1) ansonsten (0)	+
Grünlandanteil	Anteil des Grünlandes an der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche (in %) (Null, wenn kein Grünland vorhanden)	+
Gemüseflächenanteil	Anteil der Gemüsefläche (einschließlich Spargel, Erdbeeren) im Freiland oder unter Glas an der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche (in %) (Null, wenn keine Gemüsefläche vorhanden)	+ / -
Obstflächenanteil	Anteil der Obstfläche (ohne Erdbeeren) an der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche (in %) (Null, wenn keine Obstfläche vorhanden)	+ / -
Rebflächenanteil	Anteil der Rebfläche an der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche (in %) (Null, wenn keine Rebfläche vorhanden)	+ / -

Variable	Definition (Dimension)	Erwarteter Einfluss
Anteil Ökobetriebe im Kreis	Anteil der Anzahl von ökologisch wirtschaftenden Betrieben an allen Betrieben im Kreis des Betriebes (in %)	+
Bevölkerungsdichte im Kreis	Bevölkerung (Stichtag 31.12.2007) dividiert durch Gebietsstand in km <sup>2</sup> (Stichtag 31.12.2007) im Kreis (in Personen je km <sup>2</sup> )	+
Verfügbares Einkommen im Kreis	Verfügbares Einkommen der privaten Haushalte je Einwohner im Kreis 2007 (Sachsen: 2006) (in Euro)	+
Betriebswirtschaftliche Ausrichtung	Einteilung der Betriebe in Ackerbau-, Gartenbau-, Dauerkultur-, Weidevieh-, Veredlungs-, Pflanzenbauverbund-, Viehhaltungsverbund- sowie Pflanzenbau- und Viehhaltungsbetriebe (Dummies, Referenzkategorie: Weideviehbetriebe)	. / .
Regierungsbezirk	Dummyvariablen, welche den Regierungsbezirk bzw. in den Bundesländern Niedersachsen, Rheinland-Pfalz und Sachsen-Anhalt die statistische Region des ehemaligen Regierungsbezirks angeben, in dem sich der Sitz des Betriebes befindet. In Bundesländern ohne Regierungsbezirke ist das Bundesland angegeben.	. / .

Ein deskriptiver Überblick über die in der Analyse der Umstellung auf ökologische Bewirtschaftung verwendeten erklärenden Variablen findet sich im Anhang in Tabelle A1. Analog dazu zeigt Tabelle A2 einen deskriptiven Überblick über die in der Analyse der Beibehaltung der ökologischen Bewirtschaftung verwendeten erklärenden Variablen.

Für die Analyse der Umstellung auf ökologische Landwirtschaft werden nur landwirtschaftliche Betriebe berücksichtigt, die 2007 konventionelle Landwirtschaft betrieben und auch 2010 noch im Datensatz vorhanden sind (balanced panel). Formal lässt sich das geschätzte Probitmodell vereinfachend wie folgt darstellen:

$$a) P(\text{Ökobetrieb}_{2010} = 1) = \Phi(\beta_0 + \beta_1 X_{2007} + \beta_2 R_{2007})$$

In Gleichung (a) zeigt  $\beta_0$  die Konstante,  $\beta_1$  und  $\beta_2$  repräsentieren die Koeffizientenvektoren und  $\Phi$  indiziert die Standardnormalverteilung als Verteilungsfunktion. Die abhängige Variable Ökobetrieb gibt an, ob es sich im Jahr 2010 um einen ökologisch wirtschaftenden Betrieb (Ökobetrieb = 1) oder einen konventionell wirtschaftenden Betrieb (Ökobetrieb = 0) handelt. Der Vektor  $X$  beinhaltet die erklärenden betrieblichen Faktoren. Im Einzelnen sind dies die landwirtschaftlich genutzte Fläche in Hektar, die Anzahl der Tiere in Großvieheinheiten, die Anzahl der Beschäftigten, der Anteil der Familienarbeitskräfte an allen Beschäftigten, der Anteil des Grünlandes, der Gemüsefläche, der Obstfläche sowie der Rebfläche an der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche, ein Dummy, welcher angibt ob es sich um einen Nebenerwerbsbetrieb handelt oder nicht sowie zwei Dummies, die angeben, ob der Betrieb in den Jahren 1999 und 2003 ökologisch bewirtschaftet wurde. Der Vektor  $R$  beinhaltet die erklärenden regionalen Faktoren. Dies sind der Anteil der Ökobetriebe an allen Betrieben, die Bevölkerungsdichte sowie das verfügbare Einkommen im Kreis des Betriebsitzes. Zusätzlich wird in Form von Regierungsbezirksdummies für weitere potenzielle regionale Faktoren kontrolliert.

Für die Analyse der Beibehaltung der ökologischen Landwirtschaft werden nur landwirtschaftliche Betriebe berücksichtigt, welche 2007 ökologische Landwirtschaft betrieben und auch 2010 noch im Datensatz vorhanden sind (balanced panel). Formal lässt sich das geschätzte Probitmodell vereinfachend wie folgt darstellen:

$$b) P(\text{Ökobetrieb}_{2010} = 1) = \Phi(\beta_0 + \beta_1 X_{2007} + \beta_2 Z_{2007} + \beta_3 R_{2007})$$

Dabei umfassen die Vektoren  $X$  und  $R$  die oben beschriebenen betrieblichen und regionalen erklärenden Variablen. Gleichung (a) wird jedoch um den Vektor  $Z$  erweitert, welcher zwei weitere betriebliche Faktoren enthält. Dabei handelt es sich um den Anteil der ökologisch genutzten Fläche an der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche sowie um einen Dummy, der angibt, ob mindestens ein Teil der Tiere des Betriebes auf ökologische Bewirtschaftung umgestellt wurde oder nicht.

Da sich die Struktur der Landwirtschaft in Ost- und Westdeutschland auch über 20 Jahre nach der deutschen Wiedervereinigung noch deutlich unterscheidet, werden die beiden Schätzungen jeweils getrennt für diese zwei Regionen durchgeführt.

## 4.2 Schätzergebnisse

Die Ergebnisse der Schätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit einer Umstellung auf ökologische Landwirtschaft für Ost- und Westdeutschland finden sich in Tabelle 3. Die Ergebnisse der Schätzung der Beibehaltungswahrscheinlichkeit der ökologischen Bewirtschaftung für die zwei Regionen finden sich in Tabelle 4. Die dargestellten marginalen Effekte geben für jede Variable an, um wie viel Prozent sich die Wahrscheinlichkeit des Eintreffens eines der beiden Ereignisse bei einer marginalen Erhöhung der jeweiligen Variable erhöht. Die marginalen Effekte wurden als durchschnittliche marginale Effekte nach BARTUS (2) berechnet.<sup>5</sup>

Der Wald-Test verdeutlicht, dass beide spezifizierten Modelle in Ost- und Westdeutschland signifikant besser abschneiden als das Null-Modell ohne Erklärungsvariablen. Aufgrund der stark asymmetrischen Gruppenverteilung fällt das McFadden-Bestimmtheitsmaß jedoch vergleichsweise gering aus (siehe z. B. 1, S. 256).

### 4.2.1 Determinanten der Umstellung auf ökologische Landwirtschaft

Dieser Unterabschnitt präsentiert die Analyseergebnisse zur Frage, wodurch sich Umstellungsbetriebe von Betrieben unterscheiden, die sowohl im Jahr 2007 als auch im Jahr 2010 konventionell bewirtschaftet wurden.

Aus den Schätzergebnissen in Tabelle 3 geht hervor, dass die Betriebsgröße gemessen an der landwirtschaftlich genutzten Fläche, der Anzahl der Großvieheinheiten sowie der Anzahl der Beschäftigten in Ostdeutschland keinen statistisch signifikanten Einfluss auf die Eintrittswahrscheinlichkeit einer Umstellung zur ökologischen Bewirtschaftung hat. In Westdeutschland zeigt sich in Bezug auf die Betriebsgrößenvariablen, dass lediglich mit zunehmender Größe der landwirtschaftlich genutzten Fläche auch die Wahrscheinlichkeit der Umstellung statistisch signifikant zunimmt. Allerdings weist der quadratische Term der Fläche auf eine invers u-förmige Beziehung mit einem Maximum bei etwa 430 ha hin.

Tabelle 3. Probitschätzung der Umstellung auf ökologische Landwirtschaft

	Umstellung auf ökologische Landwirtschaft von 2007 bis 2010			
	Ostdeutschland		Westdeutschland	
	durchschnittlicher marginaler Effekt in %	p-value	durchschnittlicher marginaler Effekt in %	p-value
<b>Betriebliche Faktoren</b>				
Landwirtschaftlich genutzte Fläche	0,002	0,348	0,010	0,000
Landwirtschaftlich genutzte Fläche quadriert [ $10^{-3}$ ]	-0,003	0,221	-0,011	0,003
Großvieheinheiten	0,002	0,448	-0,001	0,758
Großvieheinheiten quadriert [ $10^{-3}$ ]	-0,004	0,299	-0,027	0,015
Anzahl Beschäftigte	-0,090	0,135	-0,014	0,128
Anzahl Beschäftigte quadriert [ $10^{-2}$ ]	0,023	0,132	0,007	0,036
Anteil Familienarbeitskräfte	-0,002	0,540	-0,005	0,000
Nebenerwerbsbetrieb (Dummy)	0,296	0,309	0,196	0,004
Ökobetrieb im Jahr 2003 (Dummy)	4,855	0,028	8,135	0,000
Ökobetrieb im Jahr 1999 (Dummy)	1,932	0,183	1,378	0,000
Grünlandanteil	0,012	0,006	0,025	0,000
Gemüseflächenanteil	-0,005	0,720	0,018	0,000
Obstflächenanteil	0,021	0,117	0,018	0,000
Rebflächenanteil	0,011	0,433	0,013	0,000
Betriebswirtschaftliche Ausrichtung (Dummies)	ja		ja	
<b>Regionale Faktoren</b>				
Anteil Ökobetriebe	0,102	0,000	0,113	0,000
Bevölkerungsdichte [ $10^{-2}$ ]	0,005	0,922	0,008	0,413
Verfügbares Einkommen [ $10^{-2}$ ]	0,028	0,043	0,001	0,706
Regierungsbezirke (Dummies)	ja		ja	
Pseudo R-quadrat	0,0665		0,0961	
Wald $\chi^2$ (prob > $\chi^2$ )	194,17 (0.000)		3 370,39 (0.000)	
Anzahl der Umsteller	328		3 581	
Betriebe insgesamt	20 353		254 709	

*Anmerkung:* Dargestellt sind die durchschnittlichen marginalen Effekte in % (berechnet nach BARTUS (2, margeff Version 2.2.0) sowie die p-values auf Basis robuster Standardfehler. Die abhängige Variable nimmt den Wert 1 an, wenn ein Betrieb 2007 konventionell und 2010 ökologisch bewirtschaftet wurde. Sie erhält den Wert 0, wenn ein Betrieb 2007 und 2010 konventionell bewirtschaftet wurde.

*Quelle:* Forschungsdatenzentren der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder; AFID-Panel Agrarstruktur 1999, 2003, 2007; Landwirtschaftszählung 2010; eigene Berechnungen. Die Daten der Jahre 1999, 2003 und 2007 wurden an die Erfassungsgrenzen des Jahres 2010 angepasst.

Auch hinsichtlich des Anteils der Familienarbeitskräfte an allen Beschäftigten sowie der Frage, ob es sich um einen Nebenerwerbsbetrieb handelt oder nicht, zeigen die ost- und westdeutschen Betriebe kein einheitliches Bild. Nur in Westdeutschland ist der Einfluss dieser beiden Variablen auf die Umstellungsentscheidung statistisch signifikant. Ein höherer Anteil an Familienarbeitskräften ist dabei mit einer geringeren Umstellungswahrscheinlichkeit verbunden. Nebenerwerbsbetriebe weisen hingegen eine höhere Umstellungswahrscheinlichkeit auf.

Eine deutlich höhere Umstellungswahrscheinlichkeit ist in beiden Regionen Deutschlands für Betriebe festzustellen, die bereits in der Vergangenheit einmal ökologisch gewirtschaftet haben. So weisen ostdeutsche Betriebe, welche im Jahr 2003 den Regeln des ökologischen Landbaus unterlagen, eine 4,9 % höhere Umstellungswahrscheinlichkeit auf. In Westdeutschland erhöht die Tatsache, dass ein Betrieb 2003 ökologisch bewirtschaftet wurde, die Wahrscheinlichkeit, dass der Betrieb im Jahr 2010 wieder ökologisch bewirtschaftet wird, sogar um 8,1 %.

Mit Blick auf den Grünlandanteil ergibt sich in Ost- und Westdeutschland ein statistisch signifikant positiver Effekt auf die Umstellungswahrscheinlichkeit. In Westdeutschland trifft dies neben dem Grünlandanteil auch auf den Gemüse-, Obst- und Rebflächenanteil zu.

Einen wichtigen regionalen Faktor stellt der Anteil der Ökobetriebe im Kreis dar. So steigt mit zunehmendem Anteil der Ökobetriebe an allen Betrieben im Kreis auch die Eintrittswahrscheinlichkeit in den ökologischen Landbau statistisch signifikant an. Dies trifft sowohl auf Ost- als auch auf Westdeutschland zu. Die Bevölkerungsdichte weist in keiner der beiden Regionen einen statistisch signifikanten Einfluss auf. Hinsichtlich des verfügbaren Einkommens der privaten Haushalte je Einwohner im Kreis des Betriebes zeigt sich zumindest für Ostdeutschland ein statistisch signifikanter positiver Zusammenhang mit der Umstellungsentscheidung.

#### 4.2.2 *Determinanten der Beibehaltung der ökologischen Landwirtschaft*

Die im Folgenden beschriebenen Schätzergebnisse beziehen sich auf die Frage, welche Faktoren die Wahrscheinlichkeit der Beibehaltung des ökologischen Landbaus erhöhen (siehe Tab. 4). In der Untersuchung finden dabei nur landwirtschaftliche Betriebe Berücksichtigung, die im Jahr 2007 ökologisch bewirtschaftet wurden.

Analog zu den Ergebnissen der Umstellungswahrscheinlichkeit zeigt sich in Ostdeutschland auch für die Beibehaltungswahrscheinlichkeit kein signifikanter Einfluss der Betriebsgrößenvariablen. In Westdeutschland wirkt sich ein hoher Tierbestand statistisch signifikant positiv auf die Beibehaltung aus. Dies gilt vor allem, wenn auch die Tierhaltung den Regelungen des ökologischen Landbaus unterliegt. So erhöht sich die Beibehaltungswahrscheinlichkeit in Westdeutschland um 3,5 % (Ostdeutschland: 2,9 %), wenn ökologisch gehaltene Tiere vorhanden sind. Einen negativen statistischen Zusammenhang gibt es in westdeutschen Betrieben zwischen der Anzahl der Beschäftigten und der Beibehaltung. So sinkt die Beibehaltungswahrscheinlichkeit, je mehr Beschäftigte auf dem Betrieb tätig sind.

Ein divergierender Effekt zwischen der Umstellungs- und Beibehaltungswahrscheinlichkeit ist für westdeutsche Betriebe bei der Variable Nebenerwerb festzustellen. Konnte im vorhergehenden Unterabschnitt ein positiver Effekt des Nebenerwerbs auf die Umstellung gezeigt werden, findet sich nun ein (wenn auch nur schwach signifikanter) negativer Effekt des Nebenerwerbs auf die Beibehaltungswahrscheinlichkeit. In Ostdeutschland ist der Einfluss des Nebenerwerbs nicht signifikant.

Tabelle 4. Probitschätzung der Beibehaltung der ökologischen Landwirtschaft

	Beibehaltung der ökologischen Landwirtschaft von 2007 bis 2010			
	Ostdeutschland		Westdeutschland	
	durchschnittlicher marginaler Effekt in %	p-value	durchschnittlicher marginaler Effekt in %	p-value
<b>Betriebliche Faktoren</b>				
Landwirtschaftlich genutzte Fläche	-0,003	0,551	-0,004	0,675
Landwirtschaftlich genutzte Fläche quadriert [ $10^{-3}$ ]	0,001	0,575	0,001	0,506
Großvieheinheiten	0,009	0,314	0,033	0,015
Großvieheinheiten quadriert [ $10^{-3}$ ]	-0,002	0,651	-0,013	0,034
Anzahl Beschäftigte	0,267	0,347	-0,321	0,015
Anzahl Beschäftigte quadriert	-0,010	0,037	0,002	0,008
Anteil Familienarbeitskräfte	0,002	0,929	-0,022	0,050
Nebenerwerbsbetrieb (Dummy)	0,404	0,775	-1,438	0,055
Ökotierte vorhanden (Dummy)	2,912	0,026	3,467	0,000
Umstellungsgrad	0,121	0,000	0,074	0,000
Ökobetrieb im Jahr 2003 (Dummy)	1,395	0,218	3,371	0,000
Ökobetrieb im Jahr 1999 (Dummy)	2,247	0,040	3,105	0,000
Grünlandanteil	-0,067	0,014	-0,070	0,000
Gemüseflächenanteil	0,020	0,826	0,047	0,155
Obstflächenanteil	-0,082	0,265	0,006	0,876
Rebflächenanteil	-0,305	0,009	0,050	0,192
Betriebswirtschaftliche Ausrichtung (Dummies)	ja		ja	
<b>Regionale Faktoren</b>				
Anteil Ökobetriebe	0,414	0,001	-0,078	0,464
Bevölkerungsdichte	0,001	0,843	-0,001	0,651
Verfügbares Einkommen [ $10^{-5}$ ]	22,450	0,780	0,002	1,000
Regierungsbezirke (Dummies)	ja		ja	
Pseudo R-quadrat	0,0893		0,0720	
Wald $\chi^2$ (prob > $\chi^2$ )	87,94 (0.000)		499,70 (0.000)	
Anzahl der Rückumsteller	171		1 087	
Betriebe insgesamt	1 885		11 128	

*Anmerkung:* Dargestellt sind die durchschnittlichen marginalen Effekte in % (berechnet nach BARTUS (2, margeff Version 2.2.0) sowie die p-values auf Basis robuster Standardfehler. Die abhängige Variable nimmt den Wert 1 an, wenn ein Betrieb 2007 und 2010 ökologisch bewirtschaftet wurde. Sie erhält den Wert 0, wenn ein Betrieb 2007 ökologisch und 2010 konventionell bewirtschaftet wurde.

*Quelle:* Forschungsdatenzentren der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder; AFiD-Panel Agrarstruktur 1999, 2003, 2007; Landwirtschaftszählung 2010; eigene Berechnungen. Die Daten der Jahre 1999, 2003 und 2007 wurden an die Erfassungsgrenzen des Jahres 2010 angepasst.

Hinsichtlich des Umstellungsgrads ist festzuhalten, dass Betriebe mit einem höheren Umstellungsgrad eine signifikant höhere Beibehaltungswahrscheinlichkeit aufweisen als Betriebe, die nur einzelne Betriebszweige auf ökologische Produktion umgestellt haben. Dies ist sowohl in Ost- als auch in Westdeutschland der Fall. Ebenfalls in beiden Landesteilen wirken sich bisherige Erfahrungen im Ökolandbau positiv auf dessen Beibehaltung aus.

Ein hoher Grünlandanteil begünstigt zwar, wie im vorhergehenden Unterabschnitt gezeigt, eine Umstellung auf ökologische Bewirtschaftung, er wirkt sich jedoch statistisch signifikant negativ auf die Beibehaltung aus. Beides trifft sowohl auf ost- als auch auf westdeutsche Betriebe zu.

Bezüglich der regionalen Faktoren ist festzustellen, dass sich in Ostdeutschland die Höhe des Anteils an Ökobetrieben im Kreis positiv auf die Beibehaltung des ökologischen Landbaus auswirkt. In Westdeutschland gibt es keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen den untersuchten regionalen Faktoren und der Beibehaltungswahrscheinlichkeit.

## 5 Schlussfolgerungen

Die im ersten Teil dieses Beitrags durchgeführte Analyse der Entwicklung des deutschen Ökolandbaus von 2007 bis 2010 verdeutlicht, dass fast 4000 (1,3 %) der im Jahr 2007 konventionell wirtschaftenden Betriebe bis 2010 in den ökologischen Landbau eingestiegen sind. Demgegenüber stehen jedoch gut 1200 Betriebe, die im Jahr 2007 noch ökologisch, im Jahr 2010 aber (wieder) konventionell bewirtschaftet wurden. Zwischen 2007 und 2010 kehrte somit jeder elfte Ökobetrieb zur konventionellen Bewirtschaftung zurück. Dies zeigt deutlich, dass hinter dem positiven Trend einer insgesamt zunehmenden Anzahl an Ökobetrieben in Deutschland auch eine gegenläufige Bewegung zu verzeichnen ist.

Der zweite Teil des Beitrags liefert folgende zentrale Ergebnisse zur Untersuchung möglicher Determinanten der Umstellungs- und Beibehaltungswahrscheinlichkeit: Als positiver Faktor findet sich in Ost- und Westdeutschland die bisherige Erfahrung im ökologischen Landbau. So erhöht die Tatsache, dass ein im Jahr 2007 konventionell bewirtschafteter Betrieb im Jahr 1999 oder 2003 schon einmal ökologisch wirtschaftete, die Wahrscheinlichkeit einer Umstellung bis 2010. Analog dazu erhöht die Tatsache, dass ein im Jahr 2007 ökologisch wirtschaftender Betrieb bereits im Jahr 1999 oder 2003 ökologisch bewirtschaftet wurde, die Beibehaltungswahrscheinlichkeit der ökologischen Wirtschaftsweise im Jahr 2010. Dies stimmt zum Beispiel mit den Ergebnissen von SCHNEEBERGER et al. (24) überein, die ebenfalls zeigen, dass langjährige Biobetriebe etwas weniger zum Ausstieg tendieren als Betriebe, die später umgestellt wurden.

Ein divergierender Effekt zwischen Umstellungs- und Beibehaltungswahrscheinlichkeit lässt sich in beiden Landesteilen hinsichtlich des Grünlandanteils feststellen. In Übereinstimmung mit der bisherigen Literatur (siehe 4, S. 53) findet sich ein positiver statistischer Zusammenhang zwischen dem Grünlandanteil und der Umstellung auf ökologische Bewirtschaftung. Auf die Beibehaltungswahrscheinlichkeit wirkt sich ein hoher Grünlandanteil jedoch negativ aus.

Eine signifikant größere Beibehaltungswahrscheinlichkeit weisen Betriebe mit einem höheren Umstellungsgrad sowie Betriebe, die mindestens einen Teil ihrer Tiere auf ökologische Bewirtschaftung umgestellt haben, auf. Dies trifft sowohl auf Ost- als auch auf Westdeutschland zu.

Hinsichtlich der Analyse der Bestimmungsgründe ist jedoch kritisch anzumerken, dass mit den Daten der amtlichen Agrarstatistiken nur ein Teil der betrieblichen Einflussfaktoren abgedeckt werden kann. Weitere Merkmale, wie etwa die persönliche Einstellung



des Betriebsleiters, deren Relevanz der bestehenden Literatur zu entnehmen ist (vgl. u. a. 7 oder 13), konnten nicht berücksichtigt werden. Darüber hinaus konnte für bedeutende regionale Faktoren – wie etwa die unterschiedliche Höhe von Prämienzahlungen (vgl. z. B. 18) – nur allgemein mittels Regierungsbezirksdummies kontrolliert werden. Durch das Fehlen relevanter Variablen in den Schätzmodellen ist daher bei der Interpretation der Ergebnisse zu beachten, dass nur Aussagen über statistische Zusammenhänge zwischen den erklärenden Variablen und der Umstellung beziehungsweise Beibehaltung getroffen werden können. Die vorliegende Untersuchung liefert insofern zwar erste Indizien dafür, wie sich die untersuchten Gruppen voneinander unterscheiden, es muss sich dabei aber nicht notwendigerweise um kausale Zusammenhänge handeln. Hier besteht für den deutschen Ökolandbau folglich weiterer Forschungsbedarf. Ferner wäre zu untersuchen, inwieweit Rückumsteller zu einem späteren Zeitpunkt wieder ökologisch wirtschaften. Zudem stellt sich die Frage, ob Rückumsteller existieren, die den Ökolandbau nicht zur Gänze aufgeben sondern weiterhin ökologisch wirtschaften – jedoch ohne Zertifikat (11).

### Zusammenfassung

Die Bedeutung der ökologischen Landwirtschaft hat in den letzten Jahren europaweit stark zugenommen. So weist die Nettoentwicklung der Betriebszahlen im Ökolandbau in Deutschland einen positiven Trend auf. Der vorliegende Beitrag zeigt jedoch auf Basis der amtlichen Agrarstatistiken, dass gleichzeitig ein gegenläufiger Effekt existiert, geprägt durch Betriebe, die aus der ökologischen Landwirtschaft aussteigen und nachfolgend (wieder) konventionell wirtschaften. Zwischen 2007 und 2010 kehrte jeder elfte Ökobetrieb zur konventionellen Bewirtschaftung zurück.

Darüber hinaus werden erste Bestimmungsgründe für die Umstellung zum ökologischen Landbau und die Rückumstellung (zurück) zur konventionellen Wirtschaftsweise getrennt für ost- und westdeutsche Betriebe geliefert. Als positiver Einflussfaktor auf die Umstellungs- beziehungsweise Beibehaltungswahrscheinlichkeit lässt sich die bisherige Erfahrung im Ökolandbau identifizieren. Auch ein höherer Umstellungsgrad und der Tatbestand, dass zumindest ein Teil der Tiere ökologisch gehalten wird, erhöhen die Beibehaltungswahrscheinlichkeit. Ein höherer Grünlandanteil wirkt sich zwar förderlich auf die Umstellung zum Ökolandbau aus, hat jedoch einen negativen Einfluss auf die Beibehaltung.

### Summary

#### *Determinants for the adoption and abandonment of organic farming in Germany*

Organic farming has become increasingly important in Europe in recent years. This is reflected in the positive trend shown by the total number of organic farms in Germany. This paper, which is based on official agricultural statistics, shows, however, that there is an underlying counter-trend of farms that leave the organic sector by converting back to conventional methods. Between 2007 and 2010 every eleventh organic farm returned to conventional agriculture.

Moreover, this article provides first determinants that affect the adoption and abandonment of organic farming. The estimations were carried out separately for eastern and western Germany and found that experience gathered in organic farming positively impacts on the adoption and continuation of organic farming. A larger share of fully converted land and the existence of organically-reared livestock also have a positive impact on the continuation of organic farming. A higher proportion of permanent grassland positively influences the probability of adoption, but shows a negative impact on the continuation of organic farming.

### Résumé

#### *Les raisons pour adopter ou abandonner l'agriculture biologique en Allemagne*

Pendant ces dernières années, l'importance de l'agriculture biologique a fortement augmenté en Europe. Ainsi, le nombre total des exploitations biologiques en Allemagne fait preuve d'une tendance positive. Néanmoins, cette étude, qui se base sur les statistiques agricoles officielles, montre qu'il existe en même temps un effet opposé : de nombreuses exploitations abandonnent l'agriculture biologique et retournent à la production conventionnelle. Entre 2007 et 2010, une exploitation biologique sur onze s'est retournée à l'agriculture conventionnelle.

L'article analyse, séparément pour l'Allemagne de l'Ouest et l'Allemagne de l'Est, les raisons possibles qui expliquent la conversion à l'agriculture biologique et le retour à la production conventionnelle. C'est d'abord l'expérience en agriculture biologique qui constitue un des facteurs qui influencent positivement la probabilité de convertir et de maintenir une exploitation à l'agriculture biologique. Un degré de conversion plus élevé et le fait qu'au moins une partie des animaux est maintenue conformément à la production biologique augmentent également la probabilité de continuer la production biologique. Une forte proportion d'herbages a un effet positif sur la conversion vers l'agriculture biologique, mais influence de manière négative la probabilité de continuer.

## Literatur

1. BAUM, C. F., 2006: An Introduction to Modern Econometrics Using Stata, College Station: Stata Press.
2. BARTUS, T., 2005: Estimation of marginal effects using margeff. *The Stata Journal*, 5 (2005) 3, S. 309–329.
3. BEHRENS, G.; KUHNERT, H.; SAHM, H.; HAMM, U.; STROHM, R.; NIEBERG, H.; SANDERS, J., 2011: Der unbekannteste Aussteiger. *Ökologie und Landbau*, 39. Jg, Heft 3, S. 43–46.
4. BICHLER, B.; LIPPERT, C.; HÄRING, A. M.; DABBERT, S., 2005: Die Bestimmungsgründe der räumlichen Verteilung des ökologischen Landbaus in Deutschland. *Berichte über Landwirtschaft*, Bd. 83, Heft 1, S. 50–75.
5. BMELV, 2011: Betriebe und Flächen des ökologischen Landbaus in Deutschland (1994–2010), <http://www.bmelv.de/SharedDocs/Standardartikel/Landwirtschaft/Oekolandbau/Tabelle2OekolandbauInD.html> (Stand 26.03.2012), Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.
6. BRUHN, M., 2002: Die Nachfrage nach Bioprodukten – Eine Langzeitstudie unter besonderer Berücksichtigung von Verbrauchereinstellungen, Verlag Peter Lang, Frankfurt am Main.
7. BURTON, M.; RIGBY, D.; YOUNG, T., 2003: Modelling the adoption of organic horticultural technology in the UK using Duration Analysis. *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 47 (2003) 1, S. 29–54.
8. GARDEBROEK, C., 2002: Farm-specific factors affecting the choice between conventional and organic dairy farming. Beitrag auf dem 10. Kongress der EAAE, Saragossa, Spanien.
9. HEINZE, S.; VOGEL, A., 2010: The AFiD-Panel Agriculture: New Potential for Agricultural Research. *Schmollers Jahrbuch – Journal of Applied Social Science Studies*, 130 (2010) 4, S. 623–633.
10. KIRNER, L.; SCHNEEBERGER, W., 1999: Strukturelle Bedingungen und ÖPUL-Teilnahmen. *Der Förderungsdienst*. Heft 10/1999. S. 90–92.
11. KOESLING, M.; LÖES, A.-K., 2009: Ausstieg aus der zertifiziert ökologischen Landwirtschaft in Norwegen – Motivation und anschließende Wirtschaftsweise. In: MAYER, J.; ALFÖLDI, T.; LEIBER, F.; DUBOIS, D.; FRIED, P.; HECKENDORN, F.; HILLMANN, E.; KLOCKE, P.; LÜSCHER, A.; RIEDEL, S.; STOLZE, M.; STRASSER, F.; VAN DER HEIJDEN, M. und WILLER, H. (Hrsg.), 2009: Werte - Wege - Wirkungen: Biolandbau im Spannungsfeld zwischen Ernährungssicherung, Markt und Klimawandel. Beiträge zur 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, ETH Zürich, 11.-13. Februar 2009. Band 1: Boden, Pflanzenbau, Agrartechnik, Umwelt- und Naturschutz, Biolandbau international, Wissensmanagement, S. 466–469.
12. LATA CZ-LOHMANN, U.; RECKE, G.; WOLFF, H., 2001: Die Wettbewerbsfähigkeit des ökologischen Landbaus: Eine Analyse mit dem Konzept der Pfadabhängigkeit. *Agrarwirtschaft* 50 Heft 7, S. 433–438.
13. LÄPPEL, D. (2010): Adoption and Abandonment of Organic Farming: An Empirical Investigation of the Irish Drystock Sector. *Journal of Agricultural Economics*, 61 (3), S. 697–714.
14. MALCHIN, A.; VOSHAGE, R., 2009: Official Firm Data for Germany. *Schmollers Jahrbuch – Journal of Applied Social Science Studies*, 129 (2010) 3, S. 501–513.
15. OFFERMANN, F., 2003: Quantitative Analyse der sektoralen Auswirkungen einer Ausdehnung des ökologischen Landbaus in der EU. *Berliner Schriften zur Agrar- und Umweltökonomik*, Band 5. Shaker Verlag, Aachen.
16. –; NIEBERG, H., 2000: Economic performance of organic farms in Europe. *Organic farming in Europe: Economics and Policy Volume 5*, Universität Hohenheim, Stuttgart.
17. PADEL, S.; LAMPKIN, N. H.; FOSTER, C., 1999: Influence of Policy support on the Development of Organic Farming in the European Union. *International Planning Studies*, Vol. 4 (3), S. 303–315.
18. PIETOLA, K. S.; OUDE LANSINK, A., 2001: Farmer response to policies promoting organic farming technologies in Finland. *European Review of Agricultural Economics* 28 (2001), S. 1–15.
19. PLÖGER, M.; FRICKE, A.; ALVENSLEBEN, V. R., 1993: Analyse der Nachfrage nach Bio-Produkten. *Wissenschaftsverlag Vauk*, Kiel.
20. RANTZAU, R.; FREYER, B.; VOGTMANN, H., 1990: Umstellung auf ökologischen Landbau. *Schriftenreihe des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten* Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup.

21. REGOUIN, E., 2002: To convert or not convert to organic farming. OECD Workshop on Agriculture, Washington, D.C., USA 23.-29.09.2003. Organic Agriculture: Sustainability, Markets and Policy, S. 227-235. CABI Publishing, Wallingford.
22. SAUER, J; PARK, T., 2009: Organic Farming in Scandinavia – Productivity and Market Exit. Ecological Economics 68 (2009), S. 2243–2254.
23. –; –; GRAVERSEN, J., 2007: Organic farming in Denmark – Productivity, technical change and market exit. Paper prepared for presentation at the 47th annual conference of the GEWISOLA and the 17th annual conference of the ÖGA, ‘Changing Agricultural and Food Sector’, Freising/Weihenstephan, Germany, September 26-28, 2007.
24. SCHNEEBERGER, W.; SCHACHNER, M.; KIRNER, L., 2002: Gründe für die Aufgabe der biologischen Wirtschaftsweise in Österreich. Die Bodenkultur 53 (2), S. 127–132.
25. SCHULZE PALS, L., 1994: Ökonomische Analyse der Umstellung auf ökologischen Landbau. Eine empirische Untersuchung des Umstellungsverlaufes im Rahmen des EG-Extensivierungs-Programms. Münster.
26. Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2011: Landwirtschaftliche Betriebe und landwirtschaftlich genutzte Fläche nach Art der Bewirtschaftung. www.regionalstatistik.de, Tabelle 116-31-4 und 116-34-4 (Stand 26.03.2012).
27. Statistisches Bundesamt, 2011: Qualitätsbericht – Landwirtschaftszählung 2010, Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
28. WYNN, G.; CRABTREE, B.; POTTS, J., 2001: Modelling farmer entry into the Environmentally Sensitive Area Schemes in Scotland. Journal of Agricultural Economics 52, S. 65–82.
29. ZERGER, C.; HAAS, G., 2003: Ökologischer Landbau und Agrarstruktur in Nordrhein-Westfalen. Analyse und Atlas. Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau. Verlag Dr. Köster. Berlin.
30. ZÜHLKE, S.; ZWICK, M.; SCHARNHORST, S.; WENDE, T., 2004: The Research Data Centres of the Federal Statistical Office and the Statistical Offices of the Länder. Schmollers Jahrbuch – Journal of Applied Social Science Studies, 124 (2004) 4, S. 567–578.

### Fußnoten

- <sup>1</sup> Die Abkürzung AFiD steht für „Amtliche Firmendaten für Deutschland“. Eine nähere Beschreibung des AFiD-Projektes, in dessen Rahmen das AFiD-Panel Agrarstruktur entstanden ist, findet sich bei MALCHIN/VOSHAGE (14).
- <sup>2</sup> Dies beinhaltet Betriebe mit „mindestens jeweils zehn Rindern oder fünfzig Schweinen oder zehn Zuchtsauen oder zwanzig Schafen oder zwanzig Ziegen oder tausend Stück Geflügel oder einer Tabakfläche, Hopfenfläche, Rebfläche, Baumschulfläche oder Obstfläche von mindestens 0,5 ha oder einer Gemüse- und Erdbeerfläche im Freiland von mindestens 0,5 ha oder einer Dauerkulturfläche im Freiland von mindestens 1 ha oder einer Blumen- oder Zierpflanzenfläche im Freiland von mindestens 0,3 ha oder einer Produktionsfläche für Speisepilze von mindestens 0,1 ha oder einer Fläche unter Glas oder anderen begehbaren Schutzabdeckungen von mindestens 0,1 ha“ (27, S. 4). Das entspricht den Erfassungsgrenzen der Landwirtschaftszählung 2010. In den Jahren 1999 bis 2007 galten niedrigere Erfassungsgrenzen: So wurden bereits Betriebe ab zwei ha LF befragt. Um eine zwischen den Erhebungen vergleichbare Datengrundlage zu schaffen, wurden für die vorliegenden Analysen alle Datensätze nachträglich an die Erfassungsgrenzen von 2010 angepasst. Hierdurch können jedoch Abweichungen zu den vor 2010 von den Statistischen Ämtern des Bundes und der Länder veröffentlichten Ergebnissen auftreten.
- <sup>3</sup> Im Paneldatensatz finden sich 178 Betriebe, die im Jahr 2005 angegeben haben, ökologisch zu wirtschaften, im Jahr 2007 jedoch als konventionelle Betriebe und im Jahr 2010 wieder als ökologisch wirtschaftende Betriebe im Datensatz enthalten sind. Die Plausibilität dieses Musters kann auf einzelbetrieblicher Ebene nicht geprüft werden. Um den Einfluss dieser Betriebe auf die Schätzergebnisse abschätzen zu können, wurde als Robustheitscheck der Status im Jahr 2007 bei den betreffenden Betrieben auf ökologisch geändert. Angaben zur ökologisch bewirtschafteten Fläche wurden aus dem Jahr 2005 übernommen. Diese Veränderung hatte keine Auswirkungen auf die Signifikanz sowie die Richtung der Schätzkoeffizienten. Die Ergebnisse auf Basis des geänderten Datensatzes werden auf Anfrage von den Autoren gerne zur Verfügung gestellt.
- <sup>4</sup> Alternativ zur Verwendung eines binominalen Probits zur Schätzung von Binary-Choice-Modellen bietet sich ein binominales Logit-Modell an. Die berechneten marginalen Effekte der beiden Schätzer weisen jedoch eine ähnliche Größe auf (siehe z. B. 1, S. 254).
- <sup>5</sup> Für die Berechnung der durchschnittlichen marginalen Effekte wurde die STATA Routine `meff` von BARTUS (2) in der Version 2.2.0 vom 20.8.2009 verwendet.

**Danksagung**

Die Autoren bedanken sich bei CORA HAFFMANS, SOLVEIGH HENNIG, TORBEN TIEDEMANN sowie den Teilnehmern der Postersession „P1 Ökolandbau“ auf der 51. Jahrestagung der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V. (GEWISOLA) für hilfreiche Kommentare und Anmerkungen.

*Autorenanschrift:* M.Sc. agr. SANNA HEINZE; Dr. ALEXANDER VOGEL, Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein, Fröbelstr. 15-17, 24113 Kiel, Deutschland

Sanna.Heinze@statistik-nord.de

Alexander.Vogel@statistik-nord.de

## Anhang

Tabelle A1. Deskriptive Statistiken der 2007 konventionell wirtschaftenden Betriebe

	2007 konventionell wirtschaftende Betriebe, die 2010 ...				Mittelwertvergleich der beiden Gruppen (p-value)
	... weiterhin konventionell wirtschaften		... ökologisch wirtschaften (Umsteller)		
	Mittelwert	Standardabweichung	Mittelwert	Standardabweichung	
<b>Ostdeutschland</b>					
Landwirtschaftlich genutzte Fläche	252,20	499,36	95,20	157,76	0,000
Großvieheinheiten	107,68	338,04	47,69	92,17	0,001
Anzahl Beschäftigte	4,23	10,35	1,42	2,66	0,000
Anteil Familienarbeitskräfte	62,81	44,43	75,01	39,58	0,000
Nebenerwerbsbetrieb	0,40	0,49	0,55	0,49	0,000
Ökobetrieb im Jahr 2003	0,00	0,06	0,03	0,18	0,000
Ökobetrieb im Jahr 1999	0,01	0,08	0,02	0,16	0,000
Grünlandanteil	35,32	37,10	57,07	38,95	0,000
Gemüseflächenanteil	1,27	9,08	0,28	3,12	0,049
Obstflächenanteil	0,94	8,73	1,50	10,96	0,252
Rebflächenanteil	0,53	7,14	0,66	7,84	0,753
Anteil Ökobetriebe	7,74	4,98	8,99	5,30	0,000
Bevölkerungsdichte	133,18	179,84	128,59	164,18	0,645
Verfügbares Einkommen	14 962,34	675,15	15 052,63	666,95	0,016
Betriebsanzahl	20 025		328		
<b>Westdeutschland</b>					
Landwirtschaftlich genutzte Fläche	40,55	51,53	35,32	47,11	0,000
Großvieheinheiten	39,93	61,80	29,71	36,07	0,000
Anzahl Beschäftigte	1,52	3,41	1,55	6,82	0,605
Anteil Familienarbeitskräfte	87,87	27,50	87,87	28,38	0,992
Nebenerwerbsbetrieb	0,42	0,49	0,46	0,49	0,000
Ökobetrieb im Jahr 2003	0,00	0,06	0,06	0,24	0,000
Ökobetrieb im Jahr 1999	0,01	0,07	0,03	0,17	0,000
Grünlandanteil	36,63	35,91	60,79	39,48	0,000
Gemüseflächenanteil	1,00	7,99	1,21	9,42	0,127
Obstflächenanteil	1,77	11,43	2,11	12,74	0,075
Rebflächenanteil	5,13	20,89	4,75	20,27	0,281
Anteil Ökobetriebe	3,88	2,71	5,68	3,48	0,000

	2007 konventionell wirtschaftende Betriebe, die 2010 ...				Mittelwertvergleich der beiden Gruppen (p-value)
	... weiterhin konventionell wirtschaften		... ökologisch wirtschaften (Umsteller)		
	Mittelwert	Standardabweichung	Mittelwert	Standardabweichung	
Bevölkerungsdichte	229,44	296,37	210,89	272,44	0,000
Verfügbares Einkommen	18 704,42	1 619,23	19 182,69	1 694,16	0,000
Betriebsanzahl	251 129		3 580		

Quelle: Forschungsdatenzentren der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder; AFiD-Panel Agrarstruktur 1999, 2003, 2007; Landwirtschaftszählung 2010; eigene Berechnungen. Die Daten des Jahres 2007 wurden an die Erfassungsgrenzen des Jahres 2010 angepasst.

Tabelle A2. Deskriptive Statistiken der 2007 ökologisch wirtschaftenden Betriebe

	2007 ökologisch wirtschaftende Betriebe, die 2010 ...				Mittelwertvergleich der beiden Gruppen (p-value)
	... weiterhin ökologisch wirtschaften		... konventionell wirtschaften (Rückumsteller)		
	Mittelwert	Standardabweichung	Mittelwert	Standardabweichung	
<b>Ostdeutschland</b>					
Landwirtschaftlich genutzte Fläche	193,78	335,11	172,33	305,63	0,421
Großvieheinheiten	83,77	201,71	66,08	145,24	0,263
Anzahl Beschäftigte	2,57	4,65	5,28	17,21	0,000
Anteil Familienarbeitskräfte	58,65	44,63	59,23	45,62	0,872
Nebenerwerbsbetrieb	0,35	0,47	0,38	0,48	0,425
Ökotierte vorhanden	0,78	0,41	0,74	0,43	0,205
Umstellungsgrad	97,34	13,80	89,75	27,45	0,000
Ökobetrieb im Jahr 2003	0,71	0,45	0,59	0,49	0,000
Ökobetrieb im Jahr 1999	0,40	0,49	0,26	0,44	0,000
Grünlandanteil	45,91	36,60	56,60	39,87	0,000
Gemüseflächenanteil	1,92	9,92	2,02	11,37	0,900
Obstflächenanteil	2,62	13,77	4,48	20,01	0,109
Rebflächenanteil	0,05	2,41	0,93	8,89	0,002
Anteil Ökobetriebe	11,58	6,27	10,03	5,26	0,001
Bevölkerungsdichte	105,35	160,83	103,59	139,96	0,889
Verfügbares Einkommen	14 960,12	766,82	14 937,23	681,86	0,707

	2007 ökologisch wirtschaftende Betriebe, die 2010 ...				<i>Mittelwertvergleich der beiden Gruppen (p-value)</i>
	<i>... weiterhin ökologisch wirtschaften</i>		<i>... konventionell wirtschaften (Rückumsteller)</i>		
	Mittelwert	Standardabweichung	Mittelwert	Standardabweichung	
Betriebsanzahl	1 714		171		
<b>Westdeutschland</b>					
Landwirtschaftlich genutzte Fläche	43,06	75,80	35,94	56,43	0,002
Großvieheinheiten	28,73	45,34	25,64	36,36	0,030
Anzahl Beschäftigte	1,69	3,61	1,44	3,77	0,027
Anteil Familienarbeitskräfte	81,43	33,44	88,18	27,74	0,000
Nebenerwerbsbetrieb	0,45	0,49	0,57	0,49	0,000
Ökotierte vorhanden	0,80	0,39	0,82	0,37	0,093
Umstellungsgrad	94,76	19,88	91,47	25,79	0,000
Ökobetrieb im Jahr 2003	0,79	0,40	0,66	0,47	0,000
Ökobetrieb im Jahr 1999	0,46	0,49	0,27	0,44	0,000
Grünlandanteil	57,02	38,41	72,45	35,72	0,000
Gemüseflächenanteil	2,85	12,69	1,28	9,34	0,000
Obstflächenanteil	2,40	13,31	1,97	12,07	0,306
Rebflächenanteil	2,76	15,70	1,10	9,86	0,000
Anteil Ökobetriebe	5,92	3,56	6,51	4,31	0,000
Bevölkerungsdichte	213,37	229,34	204,22	242,14	0,214
Verfügbares Einkommen	19 141,23	1691,88	19 203,13	1 807,82	0,255
Betriebsanzahl	10 041		1 087		

*Quelle:* Forschungsdatenzentren der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder; AFiD-Panel Agrarstruktur 1999, 2003, 2007; Landwirtschaftszählung 2010; eigene Berechnungen. Die Daten des Jahres 2007 wurden an die Erfassungsgrenzen des Jahres 2010 angepasst.

# Die gesamtbetriebliche Bewertung der Feldberegnung unter Berücksichtigung von Risiko und veränderten wasserpolitischen Rahmenbedingungen

VON MATTHIAS BUCHHOLZ und OLIVER MUSSHOF, Göttingen

## 1 Einleitung

Das Wetter hat eine entscheidende Bedeutung für den Erfolg landwirtschaftlicher Betriebe und ist in der jüngeren Vergangenheit zunehmend unsicherer geworden. Neben Extremereignissen wie Hagel oder Starkniederschlägen führen anhaltende Trockenperioden in der Vegetationsperiode insbesondere auf leichten, unter Wasserknappheit leidenden Standorten zu erheblichen Ertrags- und Einkommenschwankungen. Angesichts der vorliegenden Klimaprognosen werden sich diese Ereignisse zukünftig häufen (vgl. z. B. 22; 26; 40). Diese Entwicklung stellt erhöhte Anforderungen an das einzelbetriebliche Risikomanagement in der Landwirtschaft.

Um ausbleibende oder zu geringe Niederschläge zu kompensieren, beregnen viele Landwirte ihre Feldfrüchte. Die zusätzliche Beregnung stellt eine Absicherungsmöglichkeit gegen das Wetterrisiko „Trockenheit“ dar und soll das Ertragsrisiko reduzieren (25). In diesem Zusammenhang ist in Nordost-Niedersachsen das größte zusammenhängende Beregnungsgebiet Deutschlands entstanden. Trotz der eher geringen Bodengüte in dieser Region, konnte sich so ein hoch spezialisierter Anbau von wasserbedürftigen Kulturen wie Speisekartoffeln und Zuckerrüben etablieren (31). Mit ca. 300 000 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche (LF) vereint das Bundesland Niedersachsen knapp die Hälfte der ca. 560 000 ha Beregnungsfläche in Deutschland. Der Anteil der beregneten Flächen an der gesamten LF in Niedersachsen beträgt ca. 11,5 % (19). Bundesweit war ein Anstieg der Beregnungsfläche um 50 000 ha im letzten Jahrzehnt zu verzeichnen (42).

Die Landwirte in Nordost-Niedersachsen entnehmen das Wasser für die Feldberegnung überwiegend aus dem Grundwasser. Somit stehen sie potenziell in Konflikt mit der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL). Ziel der WRRL ist der Schutz aller aquatischen Ökosysteme, einschließlich der Grundwasserkörper. Bis zum Jahr 2015 soll ein guter mengenmäßiger und chemischer Zustand der aquatischen Ökosysteme erreicht sein. Mit Blick auf die Inanspruchnahme der Grundwasserkörper durch die Feldberegnung muss ein Gleichgewicht zwischen Wasserentnahme und Grundwasserneubildung gewährleistet sein (6). In der WRRL wird explizit die kostendeckende Internalisierung von Umwelt- und Ressourcenkosten unter Berücksichtigung des Verursacherprinzips gefordert (39). Vor diesem Hintergrund stehen eine Reduzierung der Wasserentnahmeerlaubnisse sowie eine Erhöhung der Wassergebühren zur Diskussion. Von derart veränderten wasserpolitischen Rahmenbedingungen wären landwirtschaftliche Beregnungsbetriebe direkt betroffen. Daraus ergibt sich unmittelbar die Frage nach den ökonomischen Nachteilen, die mit einer veränderten Wasserpolitik verbunden sind. Um diese Frage zu beantworten, ist es nötig, den Nutzen der Feldberegnung für landwirtschaftliche Betriebe in einem gesamtbetrieblichen Planungsansatz zu bestimmen, der mögliche Anpassungsreaktionen seitens der Landwirte berücksichtigt.



Die Umsetzung der WRRL und deren Konsequenzen für die Landwirtschaft stoßen seit längerem auf wissenschaftliches Interesse. Insbesondere mit Blick auf Südeuropa liegen eine Reihe von aktuellen Arbeiten vor, die mögliche Konsequenzen veränderter wasserpolitischer Instrumente für landwirtschaftliche Betriebe untersuchen (3; 8; 9; 21; 29; 44). BATTERMANN und THEUVSEN (2) analysieren die Auswirkungen reduzierter Wasserentnahmeerlaubnisse sowie die Einführung zusätzlicher Wassergebühren auf landwirtschaftliche Betriebe in Nordost-Niedersachsen. Die hier genannten Arbeiten haben gemeinsam, dass sie zwar eine gesamtbetriebliche Betrachtung vornehmen, aber auf deterministischen Programmierungsansätzen beruhen und die Risikoeinstellung der Betriebsleiter vernachlässigen. Mit anderen Worten: Der Nutzen für den Landwirt aus einer Risiko mindern Wirkung der Feldberegnung bleibt unberücksichtigt. GÓMEZ-LIMÓN und RIESGO (15) verwenden einen Multi-Criteria-Programming Ansatz unter Gewichtung von Einkommen und Risiko bei der Optimierung spanischer Betriebe im Hinblick auf erhöhte Wassergebühren. GARRIDO et al. (13) stellen in einer vergleichbaren Untersuchung die Bedeutung der Feldberegnung als effektives Risikomanagementinstrument fest. Mittels stochastischer Simulation untersuchen sie verschiedene Szenarien für einen typischen Betrieb in Kastilien (Spanien). Eine gesamtbetriebliche Optimierung erfolgt hier allerdings nicht. BLANCO-GUTIÉRREZ et al. (5) analysieren die Folgen verschiedener Politikinstrumente zur Wasserregulierung am Beispiel spanischer Betriebe und greifen dabei auf die Maximierung des Erwartungsnutzens zurück. In ähnlicher Weise untersuchen GROVE und OOSTHUIZEN (16) die Auswirkung begrenzter Beregnungsgaben in Südafrika.

KELLNER et al. (25) berücksichtigen mittels eines erweiterten Risikoprogrammierungsansatzes explizit den Einfluss der Risikoaversion des Betriebsleiters bei veränderten Wasserentnahmeerlaubnissen für einen typischen landwirtschaftlichen Betrieb in Nordost-Niedersachsen. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Vernachlässigung der Risikoaversion in deterministischen Modellen zu einer systematischen Unterschätzung der, aus einer Kürzung der Wasserentnahmeerlaubnisse resultierenden, ökonomischen Nachteile führt. Zudem weisen sie auf die nur geringe praktische Anwendbarkeit von Optimierungsmodellen hin, bei denen die subjektive Risikoakzeptanz des Betriebsleiters nicht modellendogen berücksichtigt wird. Dies gilt auch für die zuvor genannten Arbeiten.

Das Ziel dieses Beitrags besteht darin, die Auswirkungen der beiden Politikinstrumente „erhöhte Wassergebühren“ sowie „Reduzierung der Wasserentnahmeerlaubnisse“ auf den ökonomischen Erfolg landwirtschaftlicher Betriebe in Nordost-Niedersachsen zu untersuchen. Unter Anwendung eines erweiterten Risikoprogrammierungsansatzes berücksichtigen wir mögliche Anpassungsreaktionen landwirtschaftlicher Betriebe im Rahmen der Produktionsprogrammplanung. Damit geht es auch um die Frage nach einer Wasser schonenden Anbaustrategie. Durch einen Vergleich der beiden Politikinstrumente ist eine Aussage über die zu erwartende ökologische Treffsicherheit in Form des zu erwartenden Wassereinsparungseffekts möglich. Die Ergebnisse dieses Beitrags dienen der Politikfolgenabschätzung und sind darüber hinaus von hoher praktischer Relevanz für die Entscheidungsunterstützung in landwirtschaftlichen Betrieben Nordost-Niedersachsens. Der vorliegende Beitrag untersucht erstmals vergleichend die Auswirkungen reduzierter Wasserentnahmeerlaubnisse sowie erhöhter Wassergebühren unter Risikobetrachtung auf einen typischen Beregnungsbetrieb in Nordost-Niedersachsen. Zusätzlich definieren wir auf Grundlage von Beregnungsfeldversuchen der Landwirtschaftskammer Niedersachsen Produktionsverfahren mit differenzierter Beregnungsintensität.

Unser Beitrag ist folgendermaßen gegliedert: In Kapitel 2 wird der erweiterte Risikoprogrammierungsansatz vorgestellt. Kapitel 3 beschreibt die Anwendung des verwendeten Modells und die Datengrundlage. Die Darstellung der Ergebnisse folgt in Kapitel 4. Der Beitrag endet mit Schlussfolgerungen und einem Ausblick in Kapitel 5.

## 2 Modellbeschreibung

Um die Auswirkungen veränderter wasserpolitischer Rahmenbedingungen für den typischen landwirtschaftlichen Betrieb in Nordost-Niedersachsen zu untersuchen, verwenden wir einen erweiterten Risikoprogrammierungsansatz. Es gilt das optimale Produktionsprogramm unter Berücksichtigung der betrieblichen Kapazitätsobergrenzen, des verfügbaren Beregnungswassers bzw. der zu leistenden Wassergebühr und der Risikoeinstellung des Betriebsleiters zu bestimmen. Das Maximierungsproblem lässt sich mathematisch wie folgt beschreiben:

$$\text{maximiere } E(GDB) = \sum_{j=1}^J (E(DB^j) - WG \cdot BM^j) \cdot x^j \quad [1]$$

unter den Nebenbedingungen:

$$\sum_{j=1}^J BM^j \cdot x^j \leq \overline{GBM} \quad [2]$$

$$\sum_{j=1}^J a^{ij} \cdot x^j \leq b^i, \text{ für } i = 1, 2, \dots, I \quad [3]$$

$$x^j \geq 0 \quad [4]$$

$$SD(GDB) \leq \overline{SD}(GDB) \quad [5]$$

Der zu maximierende erwartete Gesamtdeckungsbeitrag  $E(GDB)$  des Betriebes (Gleichung 1) entspricht der Summe der erwarteten Deckungsbeiträge  $E(DB^j)$  je Einheit der Produktionsaktivität  $j$  abzüglich der zu leistenden Wassergebühr  $WG$  je beanspruchter Beregnungsmenge der Produktionsverfahren  $BM^j$ . Die Umfänge der Aktivitäten bzw. Produktionsverfahren sind durch  $x^j$  gekennzeichnet. Gleichung 2 begrenzt die maximal zulässige Gesamtberegnungsmenge auf  $\overline{GBM}$ . Sowohl die Wassergebühr  $WG$  als auch die zulässige Gesamtberegnungsmenge  $\overline{GBM}$  werden parametrisiert, um verschiedene Wasserpolitiken abzubilden. Bei einer Wasserentnahmebeschränkung wird die Wassergebühr auf Null festgesetzt. Eine gleichzeitige Betrachtung beider wasserpolitischer Instrumente, also die Erhebung einer Wassergebühr bei einem begrenzten Wasserkontingent, wäre grundsätzlich möglich, wird in diesem Beitrag aber nicht analysiert. In Gleichung 3 sind die betriebsspezifischen Restriktionen definiert. Der Koeffizient  $b^i$  bezeichnet die zur Verfügung stehenden Kapazitäten der Produktionsfaktoren  $i$  und  $a^{ij}$  die Faktoransprüche je Einheit der einzelnen Produktionsverfahren. Gemäß Gleichung 4 dürfen die Produktionsaktivitäten keinen negativen Wert annehmen.

Als Risikomaß wird die Standardabweichung des Gesamtdeckungsbeitrags verwendet. Ein Produktionsprogramm wird c.p. als umso riskanter betrachtet, je größer die Standardabweichung des zugehörigen Gesamtdeckungsbeitrags ist. Ferner nehmen wir an, dass die empirisch beobachtete Standardabweichung des Gesamtdeckungsbeitrags des ursprünglich gewählten Anbauprogramms die subjektive Risikoeinstellung des Landwirts implizit abbildet. Durch die mit Gleichung 5 formulierte Nebenbedingung wird die Risikoakzeptanz des Betriebsleiters direkt im Modell berücksichtigt. Wir folgen damit der Vorgehensweise von MUSSHOF und HIRSCHAUER (36). Danach darf die Standardabweichung des optimierten Produktionsprogramms  $SD(GDB)$  maximal so hoch sein, wie die Standardabweichung des tatsächlich gewählten Produktionsprogramms  $\overline{SD}(GDB)$ . Das Modell liefert damit c.p. nur solche Alternativprogramme, die bei gleicher oder geringerer Standardabweichung einen höheren oder zumindest nicht geringeren erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag als das ursprünglich durch den Betriebsleiter selbst gewählte Anbauprogramm liefern. Wir greifen somit auf das Konzept der stochastischen Dominanz 2. Grades zurück (vgl. z. B. 17, S. 147 ff.). Die Verwendung der Standardabweichung als Risikomaß bedingt ein quadratisches Optimierungsproblem.

Abbildung 1 veranschaulicht die methodische Vorgehensweise anhand eines stilisierten Beispiels. Ausgangspunkt ist das durch den Betriebsleiter bei unbegrenzter Wasser-

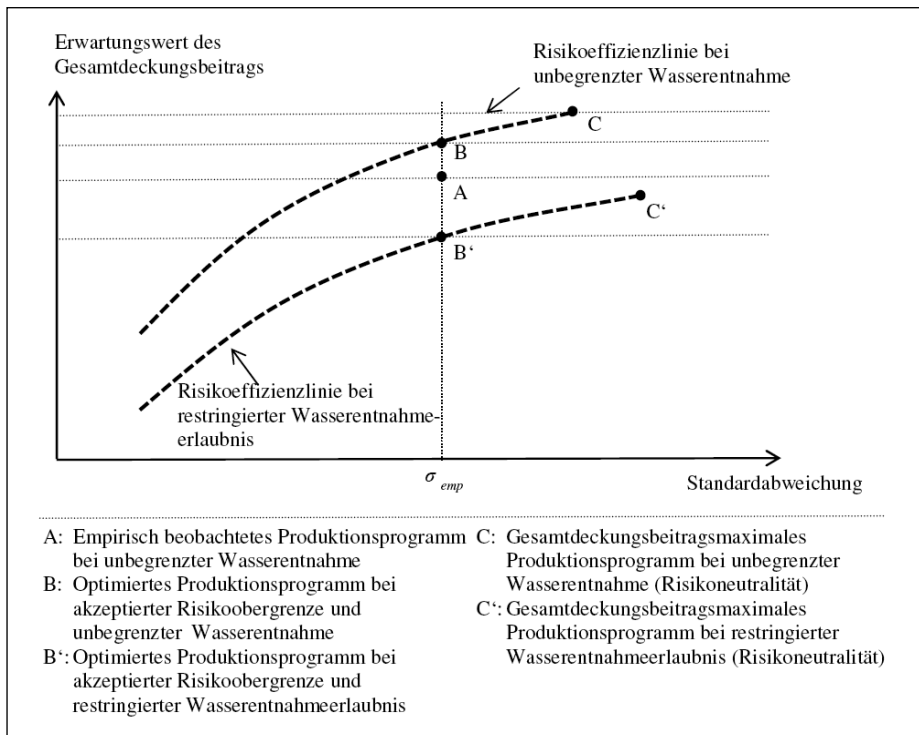


Abb. 1. Stilisierte Darstellung der methodischen Vorgehensweise

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an (37)

entnahme gewählte Produktionsprogramm. Aus diesem wird die Risikoakzeptanz des Betriebsleiters in Form der empirisch beobachteten Standardabweichung des Gesamtdeckungsbeitrags abgeleitet (Punkt A). Die Maximierung des erwarteten Gesamtdeckungsbeitrags unter Einhaltung der empirisch beobachteten Standardabweichung als Risikoobergrenze führt zu Punkt B.

Um die Auswirkungen veränderter wasserpolitischer Rahmenbedingungen für Entscheider mit unterschiedlicher Risikoeinstellung zu analysieren, erfolgt in einem weiteren Schritt die Parametrisierung der maximal zulässigen Standardabweichung des erwarteten Gesamtdeckungsbeitrags. Durch die Variantenrechnung kann eine Risikoeffizienzlinie bestimmt werden. Eine Risikoeffizienzlinie bildet risikoeffiziente Produktionsprogramme ab, die jeweils den maximalen erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag bei gegebener Standardabweichung des erwarteten Gesamtdeckungsbeitrags und gegebener Faktorausstattung – einschließlich des verfügbaren Beregnungswassers – des Betriebes angeben. Der am weitesten rechts liegende Punkt kennzeichnet das Ergebnis für einen gedachten risikoneutralen Entscheider und gibt das gesamtdeckungsbeitragsmaximale Produktionsprogramm wider (Punkt C). Eine Reglementierung der Wasserentnahme für die Feldberegung – beispielhaft dargestellt über eine restringiert wirkende Wasserentnahmeerlaubnis – bewirkt eine Verschiebung der Risikoeffizienzlinien nach unten. Unter den veränderten Rahmenbedingungen wählt der Betriebsleiter mit empirisch beobachteter Standardabweichung  $\sigma_{emp}$  ein Produktionsprogramm in Punkt B' und ein risikoneutraler Entscheider in Punkt C'.

### 3 Modellanwendung und Datengrundlagen

Wir betrachten einen für die Region Nordost-Niedersachsen typischen landwirtschaftlichen Beregnungsbetrieb, der von GEORG (14) in einem Panelansatz gemeinsam mit Landwirten und Beratern spezifiziert wurde. Die für die Feldberegnung benötigten technischen Einrichtungen, wie Beregnungsbrunnen und Zuleitungen, sind annahmegemäß bereits installiert. Der Betrieb verfügt über mehrere mobile Beregnungsmaschinen mit Einzelregnerwagen, sodass aus technischer Sicht die gesamte Ackerfläche bewässert werden kann. Die fixen Kosten der Feldberegnung sind für den Betriebsleiter daher nicht mehr entscheidungsrelevant.

#### 3.1 Kapazitäten und Faktoransprüche

Der Betrieb hat die Möglichkeit Winterweizen, Wintergerste, Speisekartoffeln, Zuckerrüben und Silomais anzubauen. Ferner kann für jede der fünf Kulturen aus drei verschiedenen Beregnungsintensitäten gewählt werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit der Flächenstilllegung. Somit stehen insgesamt 16 verschiedene Aktivitäten zur Verfügung, die sich in der Höhe des erwarteten Deckungsbeitrags, des Deckungsbeitragsrisikos, den Ansprüchen an die fixe Faktorausstattung und dem Beregnungsbedarf unterscheiden. Die Restriktionen des typischen Betriebes lassen sich wie folgt beschreiben:

- Der Betrieb bewirtschaftet eine Ackerfläche von 180 ha. Eine Änderung der Flächenausstattung durch Zu- oder Verpachtungen und Zu- oder Verkauf ist nicht möglich.
- Es stehen 1,7 Arbeitskräfte zur Verfügung. In den Hauptarbeitsperioden März/April, Mai/Juni, Juli/August und September/Oktober können damit jeweils 510 Arbeitskraftstunden (Akh) genutzt werden. Weiterhin sind Saisonarbeitskräfte für 15 €/Akh verfügbar.
- Fruchtfolgebedingt kann der Betrieb maximal 25 % Speisekartoffeln und 33 % Wintergerste anbauen.
- Die Bestellung von Winterweizen ist standortbedingt nur auf 20 % der Ackerflächen sinnvoll.
- Das Zuckerrübenkontingent ist auf eine Menge von 19 200 dt beschränkt.
- Eine benachbarte Biogasanlage bietet die Möglichkeit zur Abnahme von bis zu 7000 dt Trockenmasse (TM) Silomais.
- Gemäß der derzeitigen Regelung zur Wasserentnahme darf der Betrieb 144 000 m<sup>3</sup> bzw. 80 mm pro Jahr für Beregnungszwecke verwenden. Wir abstrahieren von der Möglichkeit des Jahresausgleichs durch das sogenannte gleitende Mittel, da eine Planungsperiode von einem Jahr betrachtet wird. Um die Auswirkungen reduzierter Wasserentnahmeerlaubnisse zu ermitteln, wird die zur Verfügung stehende jährliche Beregnungsmenge in sechs Szenarien schrittweise verändert. Neben der vollständigen Einstellung der Feldberegnung werden Wasserentnahmen in Höhe von 80, 60, 40, und 20 mm untersucht. Zusätzlich analysieren wir eine Erhöhung der Beregnungsmenge auf 100 mm. Der Einfluss zusätzlicher Wassergebühren wird in ähnlicher Weise analysiert. Beginnend mit 0 €/mm zusätzlicher Kosten für die Wasserentnahme, werden die Wassergebühren in 1,00 € Schritten erhöht. Dabei unterstellen wir, dass Beregnungswasser unbegrenzt zur Verfügung steht. Die tatsächlich genutzte Menge richtet sich also ausschließlich nach der Wassernachfrage des Betriebes und ist nicht durch die geltenden Entnahmeerlaubnisse gedeckelt.
- Die Risikoobergrenze des Betriebsleiters wird in Form der akzeptierten Standardabweichung des Gesamtdeckungsbeitrags als weitere Restriktion berücksichtigt (siehe unten).

### 3.2 Bestimmung der Deckungsbeitragszeitreihen

Für jedes der 16 zur Auswahl stehenden Produktionsverfahren haben wir Deckungsbeitragszeitreihen für einen Zeitraum von 2006 bis 2011 bestimmt. In aggregierter Form gehen somit die physischen Erträge, die Produktpreise und die variablen Kosten in das Optimierungsmodell ein.

Die zugrunde liegenden physischen Erträge der einzelnen Produktionsverfahren beruhen auf Beregnungsversuchen<sup>1)</sup> der Landwirtschaftskammer Niedersachsen, die in den Jahren 2006 bis 2011 an der Versuchsstation Hamerstorf im Landkreis Uelzen durchgeführt wurden (33). Da die Versuche in dieser Form erst seit dem Jahr 2006 bestehen, war die Berücksichtigung eines längeren Beobachtungszeitraums nicht möglich. Die Versuchsflächen sind durch einen schluffigen Sand mit 32 bis 35 Bodenpunkten charakterisiert. Die durchschnittliche Jahresniederschlagsmenge des Standortes beträgt 622 mm. Es wurden drei Varianten mit unterschiedlicher Beregnungsintensität untersucht:

- Der Anbau ohne Feldberegnung (o. B.)
- Eine reduzierte Beregnung ab etwa 35 % nutzbarer Feldkapazität (35 % nFK), abhängig von Kulturart und Entwicklungsstadium. Ziel dabei war es, mit möglichst wenig Beregnungswasser gute Erträge und Qualitäten zu erzielen.
- Eine aus pflanzenbaulicher Sicht optimale Beregnung der Ackerkulturen ab 50 % nutzbarer Feldkapazität (50 % nFK).

Tabelle 1 zeigt die in den Feldberegnungsversuchen erzielten physischen Erträge der einzelnen Produktionsverfahren. Dabei sind jeweils der niedrigste und höchste beobachtete Ertrag, der Erwartungswert, die Standardabweichung sowie der Variationskoeffizient angegeben.

Tabelle 1. Physische Erträge der berücksichtigten Produktionsverfahren

Produktionsverfahren	Minimum [dt/ha]	Maximum [dt/ha]	Erwartungswert [dt/ha]	Standardabweichung [dt/ha]	Variationskoeffizient	
Winterweizen	o. B.	48	76	51	13	0,26
	35 % nFK	62	98	72	13	0,18
	50 % nFK	60	100	79	14	0,18
Wintergerste	o. B.	36	86	59	21	0,36
	35 % nFK	43	107	70	24	0,34
	50 % nFK	45	111	82	22	0,27
Speisekartoffeln	o. B.	234	778	551	231	0,42
	35 % nFK	485	849	701	149	0,21
	50 % nFK	526	959	742	156	0,21
Zuckerrüben	o. B.	336	909	613	195	0,32
	35 % nFK	669	913	760	112	0,15
	50 % nFK	810	914	823	75	0,09
Silomais TM	o. B.	126	222	167	41	0,24
	35 % nFK	164	215	189	22	0,12
	50 % nFK	164	229	199	22	0,11

Quelle: Eigene Berechnungen nach (33)

Es wird deutlich, dass der Einsatz der Feldberechnung bei allen Produktionsverfahren zu einem Anstieg der erwarteten physischen Erträge geführt hat. Die Ertragsunterschiede zwischen den Varianten mit einsetzender Beregnung ab 35 % nFK und 50 % nFK sind dagegen tendenziell eher gering. Gleichzeitig bewirkt die Beregnung in aller Regel sinkende Variationskoeffizienten. Mit Blick auf die geringsten erzielten physischen Erträge in dem Versuchszeitraum wird weiterhin deutlich, dass die zusätzliche Bewässerung insbesondere eine Absicherung einer Ertragsuntergrenze ermöglicht.

Die Produktpreise und variablen Kosten der Produktionsverfahren wurden in Anlehnung an Richtwertdeckungsbeiträge der Landwirtschaftskammer Niedersachsen spezifiziert (32). Bei der Berechnung der Marktleistungen für die Wintergetreidearten verwenden wir Durchschnittspreise der Wirtschaftsjahre 2009/10 bis 2011/12. Für Speisekartoffeln wählen wir das langjährige Mittel in Höhe von 12 €/dt und für Silomais einen Preis von 7,50 €/dt TM. Die angenommenen Zuckerrübenpreise beruhen auf den regulären Vereinbarungen der Nordzucker AG für das Anbaujahr 2012 (30). Preisbeeinflussende Qualitätseigenschaften wie bspw. der Rohprotein- oder Zuckergehalt wurden berücksichtigt. Bei der Kalkulation der variablen Kosten verwenden wir ebenfalls Durchschnittspreise der Wirtschaftsjahre 2009/10 bis 2011/12. Die variablen Kosten der Feldberechnung bestehen zum Großteil aus den anfallenden Energiekosten des Beregnungsbrunnens und wurden nach FRICKE und RIEDEL (11) bestimmt. Bei der Kalkulation unterstellen wir einen elektrisch betriebenen Tiefbrunnen mit Unterwasserpumpe, wie er in Nordost-Niedersachsen vorwiegend Verwendung findet. Es wurden variable Beregnungskosten in Höhe von 1,38 €/mm angesetzt. Die Beregnungsmengen wurden aus den Beregnungsversuchen abgeleitet und mit den variablen Kosten je mm Beregnungswasser multipliziert.

Durch die starre Festlegung der Produktpreise und variablen Kosten abstrahieren wir bewusst von einer expliziten Berücksichtigung möglicher Preisrisiken und fokussieren bei den Berechnungen ausschließlich auf die Schwankung der in den Feldberegnungsversuchen beobachteten, physischen Erträge. Dies liegt in der Tatsache begründet, dass die Feldberechnung nur bedingt – etwa durch die Gewährleistung preissensibler Qualitätsparameter – zur Preisabsicherung geeignet ist.

Eine Überprüfung der Zeitreihen auf stochastische Prozesse wurde aufgrund des verhältnismäßig kurzen Beobachtungszeitraums unterlassen. Wir unterstellen eine statische Verteilung der Einzeldeckungsbeiträge. Folglich entspricht der Mittelwert der Beobachtungswerte dem Erwartungswert des Deckungsbeitrags (35). Der pflanzenzüchterische Fortschritt – auch wenn nicht durch entsprechende Preisveränderungen ausgeglichen – bleibt also unberücksichtigt. In Anlehnung an die üblicherweise in weiten Teilen der Literatur verwendete Vorgehensweise unterstellen wir eine Normalverteilung der Deckungsbeitragszeitreihen (1; 10; 18). Darüber hinaus ist die Annahme der Normalverteilung in Bezug auf die physischen Erträge landwirtschaftlicher Nutzpflanzen keine unplausible Annahme (24). Weiterhin geht der Deckungsbeitrag der Flächenstilllegung als deterministische Größe in das Optimierungsmodell ein.

### 3.3 Bestimmung der Korrelationen zwischen den Einzeldeckungsbeiträgen

Um mögliche Abhängigkeiten zwischen den Deckungsbeiträgen der einzelnen Produktionsverfahren in unserem Optimierungsmodell zu berücksichtigen, wurden die Korrelationen für die Einzeldeckungsbeitragszeitreihen bestimmt (Tab. 2).



Insbesondere zwischen den berechneten Varianten innerhalb der jeweiligen Ackerkulturen bestehen stark positive Korrelationen. Auch die Deckungsbeiträge des Wintergetreides sind stark positiv korreliert, da sie ähnliche Wachstumsperioden und Faktoransprüche aufweisen. Dagegen sind die Deckungsbeiträge der Silomais-Produktionsverfahren negativ mit den Deckungsbeiträgen des Wintergetreides korreliert. Damit kommt es zu einer Stabilisierung des Gesamtdeckungsbeitrags, sofern Silomais gemeinsam mit Wintergetreide in dem gewählten Anbauprogramm steht. Weiterhin sind die Deckungsbeiträge der Speisekartoffel-Produktionsverfahren tendenziell negativ mit den Deckungsbeiträgen der Wintergerste korreliert.

In Tabelle 3 sind die betriebsspezifischen Restriktionen, die Faktoransprüche der Aktivitäten, die Faktorausstattung des Betriebes sowie die Risikoobergrenze des Betriebsleiters in Form eines klassischen Optimierungstableaus zusammenfassend dargestellt. Außerdem sind die Erwartungswerte und Standardabweichungen der Deckungsbeiträge für die definierten Produktionsverfahren aufgeführt. Die Wasseransprüche der Produktionsverfahren wurden als Durchschnitt der Wassergaben aus den Berechnungsversuchen der Landwirtschaftskammer Niedersachsen bestimmt. Die Ansprüche an die Zuckerrübenquote sowie der maximal möglichen Silomaislieferung finden in Form gemittelter Zuckerrüben- bzw. Silomaiserträge Berücksichtigung. Die Arbeitszeitanprüche der Aktivitäten in den Hauptarbeitsperioden wurden nach Normdaten kalkuliert (27). Es wird deutlich, dass alle Produktionsverfahren von der Berechnungsmöglichkeit profitieren. Die Deckungsbeitragsunterschiede zwischen der reduzierten und der aus pflanzenbaulicher Sicht optimalen Berechnungsmenge sind dagegen tendenziell gering ausgeprägt. Die zusätzliche Beregnung bewirkt vor allem bei Speisekartoffeln und Zuckerrüben eine deutliche Steigerung der erwarteten Deckungsbeiträge bei gleichzeitiger Reduzierung der Standardabweichung. Dies ist wenig überraschend, da die beiden Hackfrüchte traditionell als sehr beregnungswürdige Kulturen gelten.

Das ursprüngliche Produktionsprogramm des typischen Betriebes bei einer gegenwärtig vorliegenden Wasserentnahmeerlaubnis in Höhe von 80 mm setzt sich wie folgt zusammen: Auf den 180 ha Ackerfläche werden 25 % Speisekartoffeln unter intensiver Beregnung angebaut. 26 % Wintergerste, 20 % Silomais, 15 % Winterweizen und 14 % Zuckerrüben stehen unter reduzierter Beregnung. Mit dem gewählten Anbauprogramm erzielt der Betriebsleiter einen erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag von 237 662 € bzw. 1 320 €/ha und akzeptiert implizit eine Standardabweichung des Gesamtdeckungsbeitrags in Höhe von 68 804 € bzw. 382 €/ha, die im Optimierungsmodell als Risikoobergrenze Berücksichtigung findet (vgl. Gleichung 5). Im Gesamtdeckungsbeitragsmaximum beträgt die Standardabweichung 71 375 € bzw. 397 €/ha.

Bei Vorliegen normalverteilter Deckungsbeiträge der Produktionsverfahren und additiv verknüpfter Zufallszahlen lässt sich die Standardabweichung des Gesamtdeckungsbeitrags algebraisch berechnen (vgl. z. B. 38). Die Lösung des in diesem Beitrag betrachteten Optimierungsproblems ist demnach bspw. in GAMS möglich.





## 4 Modellergebnisse

Abbildung 2 zeigt die ökonomischen Konsequenzen für den typischen Betrieb in Nordost-Niedersachsen anhand ausgewählter Risikoeffizienzlinien, die sich bei einer Reduzierung der Wasserentnahmeerlaubnisse sowie einer Erhöhung der Wassergebühren unter Berücksichtigung verschiedener Risikoeinstellungen ergeben. In Tabelle 4 sind die Ergebnisse für einen risikoaversen Betriebsleiter mit empirisch beobachteter Standardabweichung detailliert dargestellt.

Mit Blick auf Abbildung 2 wird deutlich, dass eine zunehmende Reglementierung der Wasserentnahmeerlaubnisse für die Feldberegnung c.p. zu einer immer stärkeren Verschiebung der Risikoeffizienzlinien nach unten führt und sinkende erwartete Gesamtdeckungsbeiträge zur Folge hat. Dabei ist eine moderate Kürzung der Wasserentnahmeerlaubnisse, bspw. von 80 mm auf 60 mm, nur mit einem verhältnismäßig geringen Rückgang des erwarteten Gesamtdeckungsbeitrags verbunden. Die ökonomischen Nachteile steigen allerdings mit zunehmender Einschränkung der Wasserentnahmeerlaubnisse überproportional an. Ursächlich ist die unterschiedliche Beregnungswürdigkeit der Ackerkulturen. Bei einer Reduzierung der Wasserentnahmeerlaubnisse auf oder unter 40 mm wird die Intensität der Beregnung auch bei den besonders beregnungswürdigen Kulturen „Speisekartoffeln“ und „Zuckerrüben“ deutlich verringert, was zu einem starken Rückgang des erwarteten Gesamtdeckungsbeitrags führt.

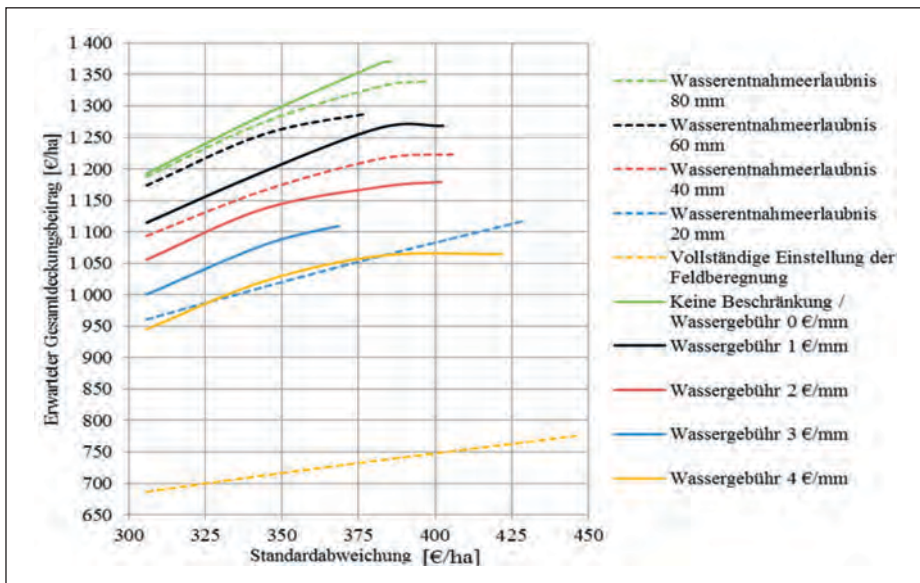


Abb. 2. Ausgewählte Risikoeffizienzlinien für differenzierte Wasserentnahmeregelungen

Quelle: Eigene Berechnungen



Betrachtet man die Auswirkungen erhöhter Wassergebühren, so wird deutlich, dass die Abwärtsverschiebung der Risikoeffizienzlinien – verglichen mit dem Verlauf bei einer Kürzung der Wasserentnahmeerlaubnisse – in gleichmäßigeren Abständen folgt. Ausgehend von einer kostenlosen Bereitstellung des Beregnungswassers bewirkt daher bereits eine geringfügige Erhöhung der Wassergebühren einen deutlichen Abfall des erwarteten Gesamtdeckungsbeitrags (vgl. auch Tab. 4, Zeile 20).

Bei Betrachtung der Ergebnisse für einen gedachten risikoneutralen Entscheider ist erkennbar, dass die auf den Risikoeffizienzlinien jeweils am weitesten rechts liegenden Punkte mit zunehmender Regulierung der Wasserentnahme tendenziell nach rechts verschoben werden (Abb. 2). Mit anderen Worten: Der gedachte risikoneutrale Landwirt muss bei verringerten Wasserentnahmeerlaubnissen bzw. erhöhten Wassergebühren im Regelfall zunehmend riskantere Anbauprogramme realisieren. Besonders auffällig ist dieser Sachverhalt bei einer vollständigen Einstellung der Feldberegnung. So weist das unter den gegenwärtigen Rahmenbedingungen bei einer möglichen Wasserentnahmeerlaubnis von 80 mm gewählte Anbauprogramm eine Standardabweichung des erwarteten Gesamtdeckungsbeitrags von 397 €/ha auf. Demgegenüber resultiert aus dem gewählten Anbauprogramm des risikoneutralen Landwirts ohne Beregnungsmöglichkeit ein Anstieg der Standardabweichung auf 446 €/ha.

In Tabelle 4 sind außerdem die von einem Betriebsleiter mit empirisch beobachteter Standardabweichung bei unterschiedlichen Wasserpolitiken gewählten Anbauprogramme aufgeführt. Mit zunehmender Regulierung der Wassernutzung wird insbesondere die Beregnung des Wintergetreides deutlich eingeschränkt. Ähnliches ist bei den Anbauverhältnissen der drei Silomais-Produktionsverfahren zu beobachten. Die Zuckerrübenquote wird in allen untersuchten Szenarien vollständig ausgeschöpft. Dabei erfolgt auch hier eine stetige Verringerung der Beregnungsintensität. Weiterhin wird die hohe Beregnungswürdigkeit des Speisekartoffelanbaus deutlich. Erst bei einer Wasserentnahmeerlaubnis unter 40 mm kommt es zu einer Unterschreitung des maximal möglichen Produktionsumfangs. Dies ist durch die mit dem beregnungslosen Speisekartoffelanbau verbundene Ertragsunsicherheit bedingt. Ein Entscheider mit stärker ausgeprägter Risikoaversion würde den Speisekartoffelanteil bei fehlender Beregnungsmöglichkeit noch deutlicher verringern. Ein gedachter risikoneutraler Landwirt würde dagegen den durch die Fruchtfolgerestriktion zulässigen Anbauumfang vollständig ausnutzen (nicht in Tab. 4 dargestellt). Bei den vorherrschenden Standortbedingungen in Nordost-Niedersachsen gilt eine ausreichende Speisekartoffelqualität ohne Feldberegnung als nur schwer realisierbar. Die Berücksichtigung von Risiko in unserem gesamtbetrieblichen Planungsansatz gewährleistet folglich eine realitätsnähere Abbildung des Anpassungsverhaltens landwirtschaftlicher Betriebe gegenüber deterministischen Programmierungsansätzen im Zusammenhang mit möglichen politischen Veränderungen bei der Wasserentnahme für die Feldberegnung.

Abbildung 3 vergleicht die erzielten erwarteten Gesamtdeckungsbeiträge in Abhängigkeit der beanspruchten Beregnungsmenge für einen Entscheider mit empirisch beobachteter Standardabweichung bei einer Reduzierung der Wasserentnahmeerlaubnisse und einer Erhöhung der Wassergebühren.

Grundsätzlich sind beide untersuchten Politikinstrumente geeignet, die Grundwasserbeanspruchung durch die Feldberegnung zu verringern. Verglichen mit einer Erhöhung der Wassergebühren ist der Wassereinsparungseffekt bei einer Reduzierung der Wasserentnahmeerlaubnisse allerdings größer und gleichzeitig mit geringeren ökonomischen Nachteilen verbunden. So erzielt der typische Betrieb bspw. bei einer erteilten Wasserentnahmeerlaubnis von 40 mm und einer Wassergebühr von 2 €/mm vergleichbare erwartete Gesamtdeckungsbeiträge von 1216 €/ha bzw. 1172 €/ha. Jedoch ist die beanspruchte Beregnungsmenge im Falle einer Erhöhung der Wassergebühren mehr als doppelt so hoch (vgl. auch Tab. 4). Diese Grundaussage deckt sich mit den Ergebnissen anderer aktueller

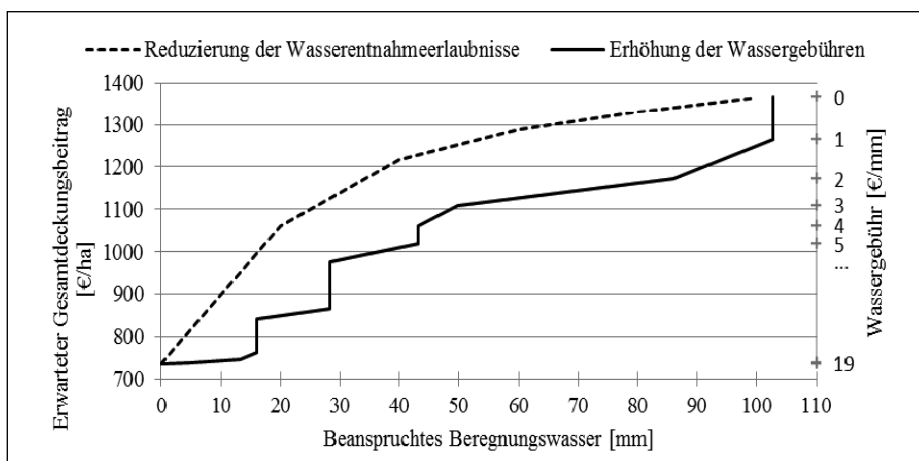


Abb. 3. Erwarteter Gesamtdeckungsbeitrag in Abhängigkeit des beanspruchten Beregnungswassers bei differenzierten Wasserentnahmeregelungen für einen Entscheider mit empirisch beobachteter Standardabweichung

Quelle: Eigene Berechnungen

Arbeiten, die mögliche ökonomische Auswirkungen einer restringierten Grundwassernutzung im Sinne der WRRL für landwirtschaftliche Betriebe untersuchen (5; 29).

Zudem wird deutlich, dass die Wassernachfrage bei einer Erhöhung der Wassergebühren einen stufenförmigen und abschnittsweise linearen Verlauf aufweist. Dies liegt darin begründet, dass die in den jeweiligen Abschnitten gewählten Anbauprogramme ähnlich sind, sodass hinsichtlich der Anpassungsreaktion des Betriebsleiters eine gewisse Trägheit zu konstatieren ist. Auffällig ist, dass sich die Wassernachfrage erst ab einer Wassergebühr in Höhe von 1 €/mm verringert und mit steigender Erhöhung der Wassergebühren zunehmend unelastisch reagiert. Ab einer Wassergebühr in Höhe von 4 €/mm werden ausschließlich Speisekartoffeln in intensiver und Zuckerrüben in reduzierter Form beregnet, da die beiden Hackfrüchte besonders durch gesteigerte Deckungsbeiträge auf eine zusätzliche Beregnung reagieren. Zu beachten ist, dass eine vollständige Einstellung der Feldberegung erst bei einer deutlichen Erhöhung der Wassergebühren auf 19 €/mm erfolgen würde und mit erheblichen ökonomischen Nachteilen verbunden ist.

## 5 Schlussfolgerungen und Ausblick

Im vorliegenden Beitrag werden die ökonomischen Nachteile reduzierter Wasserentnahmeerlaubnisse sowie erhöhter Wassergebühren unter Berücksichtigung möglicher Anpassungsreaktionen im Rahmen der Produktionsprogrammplanung für einen typischen landwirtschaftlichen Beregnungsbetrieb in Nordost-Niedersachsen untersucht. Hierbei wird ein erweiterter Risikoprogrammierungsansatz verwendet. Auf Grundlage von Beregnungsfeldversuchen werden Produktionsverfahren mit differenzierter Beregnungsintensität definiert. Die vorwiegend in der Literatur verwendeten Ansätze zur Bewertung der Feldberegung im Zusammenhang mit veränderten wasserpolitischen Rahmenbedingungen durch die europäische Wasserrahmenrichtlinie vernachlässigen z. T. die Risikomindernde Wirkung der Feldberegung. Eine diesbezügliche Erweiterung ermöglicht eine

verbesserte Entscheidungsunterstützung auf einzelbetrieblicher Ebene und bei der Politikfolgenabschätzung.

Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl die Reduzierung der Wasserentnahmeerlaubnisse als auch die Erhöhung der Wassergebühren zu einer verringerten Nutzung des Grundwassers durch die Feldberegnung in Nordost-Niedersachsen führen können. Allerdings ziehen sie auch deutlich sinkende erwartete Gesamtdeckungsbeiträge nach sich. Verglichen mit der Einführung von Wassergebühren ist der Wassereinsparungseffekt bei einer Reduzierung der Wasserentnahmeerlaubnisse größer und gleichzeitig mit geringeren ökonomischen Nachteilen verbunden. Demzufolge ist die ökologische Treffsicherheit bei einer Verringerung der derzeit geltenden Wasserentnahmeerlaubnisse größer einzuschätzen. Die Ergebnisse decken sich in dieser Hinsicht mit einer früheren Untersuchung in der Region (vgl. 2). Eine Fortführung der Wasserquotenregelung ist auch unter Berücksichtigung von Gerechtigkeitsaspekten vorzuziehen (23).

Eine striktere Reglementierung der Wassernutzung hat Anpassungsreaktionen auf einzelbetrieblicher Ebene zur Folge. Durch eine Wasser schonende Anbaustrategie und ein effizientes Beregnungsmanagement können insbesondere moderate Kürzungen der Wasserentnahmeerlaubnisse kompensiert und die ökonomischen Nachteile abgemildert werden. Dies ist allerdings nur begrenzt möglich.

Die Ergebnisse in diesem Beitrag sind nicht ohne Weiteres zu verallgemeinern (vgl. 7). So wurde unterstellt, dass die Beregnungsanlagen bereits vorhanden sind, was für Nordost-Niedersachsen auch weitestgehend zutreffend ist, sich allerdings nicht auf das gesamte Bundesgebiet übertragen lässt. Auch wurden mangels Datenverfügbarkeit nur die derzeit verbreiteten Produktionsverfahren berücksichtigt. Im Hinblick auf veränderte wasserpolitische Rahmenbedingungen könnten allerdings alternative Kulturen wie bspw. Hirse oder Kurzumtriebsplantagen an Bedeutung gewinnen und sollten in das Modell aufgenommen werden. Bei einer massiven Reglementierung der Wassernutzung durch die Feldberegnung scheint es zudem sinnvoll, erzielbare Desinvestitionserlöse der bestehenden Beregnungseinrichtungen und -maschinen sowie Investitionen in Wasser sparende Beregnungstechniken zu berücksichtigen (vgl. z. B. 20). Ebenso würden neue Betriebszweige neben dem Ackerbau potenziell an Bedeutung gewinnen.

Zudem ist die Bestimmung der Wahrscheinlichkeitsverteilungen auf Grundlage von längeren Deckungsbeitragszeitreihen für eine methodische Erweiterung des Modells nötig. Im Hinblick auf die Modellierung der Ertragsunsicherheit der Ackerkulturen im Allgemeinen und der Risiko reduzierenden Wirkung der Feldberegnung im Besonderen, scheint es interessant, Downside-Risikomaße vergleichend in die Analyse einzubeziehen (vgl. z. B. 4; 43).

Die Möglichkeit der Feldberegnung ist essenziell für den Erfolg landwirtschaftlicher Betriebe in Nordost-Niedersachsen. Das Betriebsmittel „Beregnungswasser“ ist allerdings mit erheblichen Kosten und Arbeitsaufwand verbunden, sodass ein schonender Einsatz nicht nur aus Ressourcen orientierter, sondern auch aus betriebswirtschaftlicher Sicht geboten ist. Die identifizierten Anbauprogramme verdeutlichen das Potenzial eines effizienten Beregnungsmanagements, bei dem das zur Verfügung stehende Beregnungswasser am gewinnbringendsten Verwendung findet. Im Hinblick auf die zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft in Deutschland dürfte der damit verbundene Nutzen für den Betriebsleiter noch steigen (vgl. z. B. 26; 28; 40; 41). In diesem Zusammenhang ist weitere anwendungsorientierte Forschung nötig und wünschenswert.

## Zusammenfassung

Die EU-Wasserrahmenrichtlinie hat den juristischen Rahmen zum Schutz aquatischer Ökosysteme geschaffen. In diesem Zusammenhang wird über eine striktere Reglementierung der Wassernutzung durch die Feldberegnung diskutiert. In diesem Beitrag werden die ökonomischen Auswirkungen reduzierter Wasserentnahmeerlaubnisse sowie eine Erhöhung der Wassergebühren auf einen typischen landwirtschaftlichen Betrieb in Nordost-Niedersachsen untersucht. Dazu wird ein erweiterter Risikoprogrammierungsansatz verwendet. Auf Grundlage von Beregnungsfeldversuchen der Landwirtschaftskammer Niedersachsen werden Produktionsverfahren mit differenzierter Beregnungsintensität definiert. Verglichen mit der Einführung von Wasserentnahmegebühren ist der Wassereinsparungseffekt bei einer Reduzierung der Wasserentnahmeerlaubnisse größer und gleichzeitig mit geringeren ökonomischen Nachteilen für den Betriebsleiter verbunden. Durch ein angepasstes Anbauprogramm und ein effizientes Beregnungsmanagement können die ökonomischen Nachteile, insbesondere bei einer moderaten Kürzung der Wasserentnahmeerlaubnisse, z. T. gemildert werden.

## Summary

*Evaluating amended water policies using whole-farm irrigation management in the context of risk*

The European Water Frame Work Directive has established a legal framework to protect aquatic ecosystems. Against this background, the paper discusses a stricter regulation of water use for irrigation purposes. By means of an extended risk-programming approach, we examine the economic implications resulting from a reduction in water withdrawal permits and an increased charge for water withdrawals, using the example of a typical arable farm in the north-east of Lower Saxony. Based on irrigation field trials provided by the Chamber of Agriculture in Lower Saxony, we define production activities with regard to varying irrigation intensity. In contrast to increased charges for water withdrawals, a restriction of water withdrawal permits involves higher water savings and lower economic disadvantages for farmers. By using an adjusted cropping strategy and efficient irrigation management, the economic disadvantages, in particular for a moderate reduction of water withdrawal permits, can be partially mitigated.

## Résumé

*Évaluation opérationnelle de l'irrigation des champs en tenant compte du risque et du cadre politique modifié dans le domaine de l'eau*

La directive-cadre sur l'eau a fourni un cadre législatif pour la protection des écosystèmes aquatiques. Dans ce contexte, il est actuellement en question de réglementer de façon plus stricte l'utilisation d'eau pour irriguer les champs. La présente étude examine les effets économiques affrontés par une exploitation agricole typique située dans le nord-est de la Basse-Saxe en cas d'une limitation des autorisations de captage d'eau et d'une augmentation des taxes d'eau. L'étude a été effectuée à l'aide d'une programmation des risques étendue. Des procédés de production avec intensités différentes d'irrigation sont définis sur la base d'essais d'irrigation réalisés par la chambre d'agriculture de la Basse-Saxe. Une limitation des autorisations de captage permet une économie en eau plus importante que l'introduction de taxes sur le captage d'eau. En plus, les désavantages économiques pour le directeur de l'exploitation sont moins graves. Ces désavantages économiques peuvent être atténués en partie grâce à une programmation des récoltes adaptée et à une gestion efficace de l'irrigation, notamment en cas d'une limitation des autorisations de captage qui ne soit pas trop stricte.

## Literatur

1. ANDERSON, J. R.; DILLON, J. L.; HARDAKER, J. B., 1977: Agricultural decision analysis. Iowa State University Press, Ames.
2. BATTERMANN, H. W.; THEUVSEN, L., 2010: Wassermanagement für die Feldberegnung unter Einfluss der EU-Wasserrahmenrichtlinie: Einzelbetriebliche Auswirkungen alternativer umweltpolitischer Instrumente. Zeitschrift für Umweltpolitik & Umweltrecht, 2010, 2, S. 139–164.
3. BAZZANI, G. M.; DI PASQUALE, S.; GALLERANI, V.; MORGANTI, S.; RAGGI, M.; VIAGGI, D., 2005: The sustainability of irrigated agriculture systems under the Water Framework Directive: First results. Environmental Modelling & Software, 20, 2, S. 165–175.
4. BERG, E.; SCHMITZ, B., 2008: Weather-based instruments in the context of whole-farm risk management. Agricultural Finance Review, 68, 1, S. 119–133.

5. BLANCO-GUTIÉRREZ, I.; VARELA-ORTEGA, C.; FLICHTMAN, G., 2011: Cost-effectiveness of groundwater conservation measures: A multi level-analysis with policy implications. *Agricultural Water Management*, 98, 4, S. 639–652.
6. BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit), 2004: Die Wasserrahmenrichtlinie - Neues Fundament für den Gewässerschutz in Europa. *Umweltpolitik*, Berlin.
7. CONRADIE, B. I.; HOAG, D. L., 2004: A review of mathematical programming models of irrigation water values. *Water SA*, 30, 3, S. 287–292.
8. DONO, G.; GIRALDO, L.; SEVERINI, S., 2010: Pricing of irrigation water under alternative charging methods: Possible shortcomings of a volumetric approach. *Agricultural Water Management*, 97, 1795–1805.
9. DONO, G.; SEVERINI, S., 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 Economics, Gent.
10. DOPPLER, W.; MÄRZ, U., 1989: Die Behandlung von Verteilungen in stochastischen Methoden der Betriebsplanung. *Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbau e.V.*, 25, 353–362.
11. FRICKE, E.; RIEDEL, A., 2011: Berechnung sichert Erträge und Qualitäten. *Kartoffelbau*, 62, 3, S. 41–45.
12. FVF (Fachverband Feldberechnung), 2006: Versuchsergebnisse Berechnungsversuche Güstau 2006. Hannover.
13. GARRIDO, A.; MARTÍNEZ-SANTOS, P.; LLAMAS, M. R., 2006: Groundwater irrigation and its implications for water policy in semiarid countries: The Spanish experience. *Hydrogeology Journal* 14, 3, S. 340–349.
14. GEORG, T., 2008: Zukünftige regionale Wettbewerbsfähigkeit des Zuckerrübenanbaus und Entwicklungsperspektiven ausgewählter Rübenanbaubetriebe an Standorten Norddeutschlands und Osteuropas. *Dissertation Universität Göttingen*.
15. GÓMEZ-LIMÓN, J. A.; RIESGO, L., 2004: Irrigation water pricing: Differential impacts on irrigated farms. *Agricultural Economics*, 31, 47–66.
16. GROVE, B.; OOSTHUIZEN, L. K., 2010: Stochastic efficiency analysis of deficit irrigation with standard risk aversion. *Agricultural Water Management*, 97, 6, S. 792–800.
17. HARDAKER, J. B.; HUIRNE, R. B. M.; ANDERSON, J. R.; LIEN, G., 2004: *Coping with risk in agriculture*. CABI Publishing, Wallingford.
18. HAZELL, P. B. R.; NORTON, R. D., 1986: *Mathematical programming for economic analysis in agriculture*. Macmillan Publishing, New York.
19. HENNIGES, G., 2010: *Wasserwirtschaftliche Rahmenbedingungen/Gesetzliche Vorgaben. Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft (Hrsg.), Feldberechnung IV, Rendsburg*, S. 499–608.
20. HEUMESSER, C.; FUSS, S.; SZOLGAYOVA, J.; STRAUSS, F.; SCHMID, E., 2011: Investment in irrigation systems under weather uncertainty. *EAAE Congress Change and Uncertainty. Challenges for Agriculture, Food and Natural Resources*, Zürich.
21. IGLESIAS, E.; BLANCO, M., 2008: New directions in water resources management: The role of water pricing policies. *Water Resources Research*, 44, W06417.
22. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2008: *Climate change and water – IPCC Technical Paper VI*. Cambridge.
23. JOHANSSON, R. C.; TSUR, Y.; ROE, T. L.; DOUKKALI, R.; DINAR, A., 2002: Pricing irrigation water: A review of theory and practice. *Water Policy*, 4, 2, S. 173–199.
24. JUST, R. E.; WENINGER, Q., 1999: Are crop yields normally distributed?. *American Journal of Agricultural Economics*, 81, 2, S. 287–304.
25. KELLNER, U.; MUSSHOFF, O.; BATTERMANN, H. W., 2012: Die ökonomische Bewertung der Feldberechnung unter Berücksichtigung von Risiko und veränderter Wasserentnahmeerlaubnisse. *German Journal of Agricultural Economics*, 61, 1, S. 1–12.
26. KRAUSE, A., 2008: *Der Klimawandel in Niedersachsen. Analyse und Bewertung vorhandener Datensätze. Berichte des Institutes für Meteorologie und Klimatologie der Leibniz Universität Hannover, Band 74*, Hannover.
27. KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V.), 2010: *Betriebsplanung Landwirtschaft 2010/11*. Darmstadt.
28. LBEG (Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie), 2009: *Auswirkungen des Klimawandels auf die potenzielle Berechnungsbedürftigkeit Nordost-Niedersachsens. Geoberichte*, 13, Hannover.
29. LENOUEV, V.; MONTGINOUL, M., 2010: Groundwater management instruments in a conjunctive use system: Assessing the impact on farmers' income using mixed integer linear programming. *German Journal of Agricultural Economics*, 59, 3, S. 158–172.
30. LIZ (Landwirtschaftlicher Informationsdienst Zuckerrübe), 2012: *LIZ-Rübenpreis-Rechner*. URL: <http://www.liz-online.de/gi/bw/LIZ-Ruebenpreis/liz-Ruebenpreisrechner.htm>, Abrufdatum: 05.02.2012.
31. LWK (Landwirtschaftskammer Niedersachsen), 2008: *No Regret – Genug Wasser für die Landwirtschaft?!*. Hannover.



32. –, verschiedene Jahrgänge: Richtwertdeckungsbeiträge 2006–2011. Hannover.
33. –, verschiedene Jahrgänge: Versuchsergebnisse Beregnungsversuche Hamerstorf 2006– 2011. Hannover.
34. –, verschiedene Jahrgänge: Versuchsergebnisse Beregnungsversuche Nienwohlde 1995–2004. Hannover.
35. MUSSHOF, O.; HIRSCHAUER, N., 2006: Wie viel bringt eine verbesserte Produktionsprogrammplanung auf der Grundlage einer systematischen Auswertung empirischer Zeitreihen?. *Agrarwirtschaft*, 55, 4, S. 175–187.
36. –, 2007: What benefits are to be derived from improved program planning approaches? The role of time series models and stochastic optimization. *Agricultural Systems*, 95, 1–3, S. 11–27.
37. MUSSHOF, O.; HIRSCHAUER, N.; ODENING, M., 2008: Portfolio effects and the willingness to pay for weather insurances. *Agricultural Finance Review*, 68, 1, S. 83–97.
38. PRECKEL, P. V.; DEVUYST, E., 1992: Efficient handling of probability information for decision analysis under risk. *American Journal of Agricultural Economics*, 74, 3, S. 655–662.
39. RUMM, P.; VON KEITZ, S.; SCHMALHOLZ, M., 2006: Handbuch der EU- Wasserrahmenrichtlinie - Inhalte, Neuerungen und Anregungen für die nationale Umsetzung. Erich Schmidt Verlag, Berlin.
40. SCHALLER, M.; WEIGEL, H.-J., 2007: Analyse des Sachstandes zu Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die deutsche Landwirtschaft und Maßnahmen zur Anpassung. *Landbauforschung Völkenrode*, Sonderheft 316, Braunschweig.
41. SIMON, M., 2009: Die Landwirtschaftliche Bewässerung in Ostdeutschland seit 1949. Eine historische Analyse vor dem Hintergrund des Klimawandels. PIK Report, 114, Potsdam.
42. SOURELL, H., 2009: Wasser wird auch künftig Thema bleiben. *Land und Forst*, 162, 44, S. 46–47.
43. STARP, M., 2006: Integriertes Risikomanagement im landwirtschaftlichen Betrieb. *Betriebswirtschaftliche Schriften*, Heft 166, Duncker & Humboldt, Berlin.
44. VIAGGI, D.; RAGGI, M.; BARTOLINI, F.; GALLERANI, V., 2010: Designing contracts for irrigation water under asymmetric information: Are simple pricing mechanisms enough?. *Agricultural Water Management*, 97, 9, S. 1326–1332.

### Fußnoten

- 1) Für das Jahr 2007 liegen keine Versuchsergebnisse für Silomais vor. Die Erträge gehen als Mittel der anderen Versuchsjahre in die Berechnungen mit ein. Die Beregnungsgaben wurden geschätzt. Beregnungsversuche zu Zuckerrüben werden am Standort Hamerstorf erst seit dem Jahr 2009 durchgeführt. Für das Jahr 2006 wurden Daten aus einem Beregnungsversuch des Fachverbandes für Feldberegnung verwendet (12). Die Erträge und Beregnungsmengen der Jahre 2007 und 2008 wurden unter Rückgriff auf frühere Beregnungsversuche der Landwirtschaftskammer Niedersachsen (34), des Fachverbandes Feldberegnung (12) sowie Niederschlagsdaten des Deutschen Wetterdienstes näherungsweise geschätzt.

### Dank

Wir bedanken uns herzlich bei der Landwirtschaftskammer Niedersachsen für die Bereitstellung der in dem vorliegenden Beitrag verwendeten Ergebnisse aus den Feldberegnungsversuchen. Ein besonderer Dank richtet sich an dieser Stelle an Frau ANGELA RIEDEL für die hilfreichen Erläuterungen zu den Versuchen. Ein weiterer Dank richtet sich an Frau Dr. ULLA KELLNER für die nützlichen Kommentare zu einer früheren Fassung des Manuskripts. Für die finanzielle Unterstützung danken wir der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

*Autorenanschrift:* MATTHIAS BUCHHOLZ und Prof. Dr. OLIVER MUSSHOF, Abteilung Landwirtschaftliche Betriebslehre, Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Universität Göttingen, Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen, Deutschland  
matthias.buchholz@agr.uni-goettingen.de

