

# **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.: 0 30/20 06-32 06 oder -32 29), 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 Dr. JÖRG WENDISCH, Leiter der Abteilung „Ländlicher Raum, Pflanzliche Erzeugung, Forst- und Holzwirtschaft“. Verantwortlicher Schriftleiter: RegDir Dr. ULRICH NEUBAUER.

*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 through 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 GUTBRÖD, LEOPOLD FREIHERR VON UND ZU WEILER.

*Erscheinungsweise und Bezugspreis 2008:* Es erscheint Band 86 mit 3 Heften. Jahresabonnement 212,55 €/SFr 350,70 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 Biosciences Information Service of Biological Abstracts, by Current Contents (Series Agriculture, Biology and Environmental Sciences) of Institute for Scientific Information, and by World Agricultural Economics and Rural Sociology Abstracts (WAERSA) Bureau of the Commonwealth of Agriculture Economics.*

© 2008 W. Kohlhammer GmbH Stuttgart

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

Printed in Germany

Ber. Ldw. 86 (2008), H. 1, S. 1–180  
ISSN 0005-9080

# Inhalt

Stellungnahme zur Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament Vorbereitung auf den „GAP-Gesundheitscheck“ Vom Wissenschaftlichen Beirat für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz . . . . .	5
Möglichkeiten und Grenzen der Beeinflussung des allergenen Potenzials von Kulturpflanzen durch Pflanzenzüchtung Von MARC ZAHN und FRANK ORDON, Quedlinburg . . . . .	11
Auskreuzungsstudien bei Mais: Überblick, Bewertung, Forschungsbedarf Von MAREN LANGHOF und GERHARD RÜHL, Braunschweig . . . . .	29
Wettbewerbsfähigkeit des Zuckerrübenanbaus in Österreich nach der Reform der EU-Zuckermarktordnung Von LEOPOLD KIRNER, Wien . . . . .	68
Ein Indikatoransatz zur Bewertung der Nachhaltigkeit von intensiv genutzten Grünlandbeständen Von KATHARINA TREYSE, MICHAEL KELM, HELA MEHRTENS und FRIEDHELM TAUBE, Kiel . . . . .	79
Vertikale Kooperationen in der Agrar- und Ernährungswirtschaft – Herausforderungen für das Management Von JON H. HANF, Halle (Saale) und KIRSTI DAUTZENBERG, Potsdam . . . . .	103
Regionale Impulse durch ökologischen Landbau Potenziale für periphere ländliche Räume am Beispiel von Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern Von MARTINA SCHÄFER, BENJAMIN NÖLTING, Berlin und ASTRID ENGEL, München . . . . .	116
Ökonomische und umweltrelevante Potenziale der Herstellung und Nutzung von Polymilch- säure aus nachwachsenden Rohstoffen als Ersatz für Kunststoffe aus petrochemischer Her- stellung Von ANDREAS MEYER-AURICH, JOACHIM VENUS, Potsdam und OLIVIER JOLLIET, Ann Arbor . . . . .	142
Genossenschaften im Wandel der deutschen Agrar- und Ernährungswirtschaft Von JON HANF, Halle (Saale), und RAINER KÜHL, Gießen . . . . .	162



# **Stellungnahme zur Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament**

## **Vorbereitung auf den „GAP-Gesundheitscheck“ Verabschiedet am 28.03.2008**

Vom Wissenschaftlichen Beirat für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung,  
Landwirtschaft und Verbraucherschutz<sup>1)</sup>

### **Einführung**

Am 20. November 2007 hat die Europäische Kommission ihre Vorstellungen zur Weiterentwicklung der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) im Rahmen des sogenannten Gesundheitschecks vorgelegt. Nach der Luxemburger Reform von 2003 und weiteren Reformen danach soll geprüft werden, ob die Instrumente der GAP „korrekt funktionieren oder ob Anpassungen notwendig sind“(1). Die Kommission konzentriert sich in ihrer Mitteilung auf drei Fragen:

- I. Wie können die Direktzahlungen wirksamer, effizienter und einfacher gestaltet werden?
- II. Wie sind die Marktstützungsinstrumente in einer EU mit 27 Mitgliedsländern und einer zunehmend globalisierten Welt anzupassen?
- III. Wie lassen sich neue Herausforderungen (Klimawandel, Bioenergie, Wasserbewirtschaftung, Artenschwund) meistern?

Nach Meinung der Kommission implizieren die Vorschläge „keine grundlegende Reform der bestehenden Politik“, aber auch mehr als eine Feinkorrektur. Das sieht der Beirat ähnlich. Bei einzelnen Vorschlägen deutet sich an, welche Vorstellungen die Kommission für die GAP nach 2013 hat. Bei einigen Überlegungen der Kommission hat der Beirat Sorge, dass diese hinter die Ziele der Luxemburger Reformbeschlüsse zurückfallen und nicht hinreichend die wichtigen Zukunftsthemen der EU-Agrarpolitik aufgreifen.

Im Folgenden nimmt der Beirat zu den Vorschlägen der Kommission Stellung und stellt diese in den Kontext der Weiterentwicklung der EU-Agrarpolitik über das Jahr 2013 hinaus.

### **Weiterentwicklung der Betriebsprämienregelung**

1. Die Ausgestaltung der Direktzahlungen nimmt in der Mitteilung der Kommission einen breiten Raum ein – eine grundsätzliche Diskussion dieses Instruments erfolgt aber nicht. Der Beirat sieht generell die derzeitigen Direktzahlungen lediglich als Instrument für Übergangs- und Anpassungsprozesse an und hat deshalb bereits eine zeitliche Degression vorgeschlagen (2, S. 7 und 3, S. 4–6). Die Kommission sollte über den Gesundheitscheck hinaus baldmöglichst ein Konzept vorlegen, wie sie sich den Abbau der Direktzahlungen nach 2013 vorstellt. Eine klare politische Vorstellung über die zeitliche Degression der Direktzahlungen ist auch angesichts der öffentlichen Debatte über deren Notwendigkeit vor dem Hintergrund aktueller Preissteigerungen auf einigen Agrarmärkten angezeigt.

2. Die Kommission regt an, die derzeitige Betriebsprämienregelung in den Mitgliedsstaaten in Richtung einer national bzw. regional „einheitlichen Flächenprämie“ fortzuentwickeln, wie das bereits in Deutschland umgesetzt wird. Der Beirat hält es für akzeptabel, das derzeit bestehende System aus administrativen Gründen zu vereinheitlichen und zu vereinfachen.
3. Der Beirat hat sich kritisch zur Cross-Compliance-Regelung geäußert und stattdessen vorgeschlagen, die Einhaltung von Standards und Auflagen wirksam und sanktionsbewehrt in den einschlägigen Fachgesetzen zu regeln und darüber hinausgehende Anforderungen über entsprechende Instrumente der 2. Säule umzusetzen (2, S. 6). Vor diesem Hintergrund ist es zumindest zu begrüßen, dass die Kommission eine weitere Vereinfachung der Cross-Compliance-Regelung anstrebt. Der Beirat lehnt es ab, wenn andererseits vor dem Hintergrund neuer Herausforderungen für Landwirtschaft und ländliche Räume die bestehende Regelung noch ausgebaut werden soll (vgl. Punkt 15).
4. Die Kommission schlägt vor zu prüfen, ob im Einzelfall teilweise gekoppelte Beihilfen weiterhin aufrechterhalten werden können (Beispiel: Mutterkuhprämie in Regionen mit extensiver Rindfleischerzeugung). Der Beirat hält eine integrierte Sicht von Politiken in der 1. und 2. Säule für konsequenter: Die vollständige Entkopplung in der 1. Säule bei gleichzeitiger Formulierung geeigneter Maßnahmen in der 2. Säule (2, S. 2–4). Die Überlegungen der Kommission zur Aufrechterhaltung teilgekoppelter Direktzahlungen sind allenfalls als Übergangslösung akzeptabel, wenn positive Produktionsexternalitäten vorliegen und solange eine entsprechende Internalisierung solcher Externalitäten noch nicht durch geeignete Instrumente der 2. Säule erfolgt. Grundsätzlich weist der Beirat auf die Probleme gekoppelter Zahlungen im Hinblick auf innergemeinschaftliche Wettbewerbsverzerrungen und Transferströme sowie auf die WTO-Kompatibilität hin.
5. Überlegungen der Kommission zur Einführung neuer gekoppelter Zahlungen durch Erweiterung des Artikels 69 der horizontalen EU-Beihilfeverordnung (VO (EG) 1782/2003) weist der Beirat zurück. So regt die Kommission unter anderem an, Benachteiligungen von Milcherzeugern sowie Rinder-, Schaf- und Ziegenhaltern in bestimmten Gebieten über gekoppelte Ergänzungszahlungen auszugleichen. Solche Überlegungen führen in die falsche Richtung (vgl. Punkt 4).
6. Wieder einmal schlägt die Kommission eine Begrenzung der Direktzahlungen für Großbetriebe vor, die aktuell in verschiedenen Versionen diskutiert wird. Der Beirat hat dieses Thema und verschiedene Ausgestaltungsoptionen in seinem Gutachten von 2004 diskutiert und ist zu dem Ergebnis gelangt, dass betriebsgrößenbezogene Kürzungen von Direktzahlungen weder ökonomisch noch ökologisch überzeugend begründbar sind und auch nicht unbedingt zu mehr Verteilungsgerechtigkeit führen (2, S. 7). Es ist festzustellen, dass die Entwicklung der GAP bis hin zu den derzeitigen Direktzahlungen niemals konsequent verteilungspolitisch konzipiert worden ist und Verteilungspolitik auf sektoraler Ebene auch nicht sinnvoll geleistet werden kann.

## **Umgestaltung und Anpassung von Marktstützungsinstrumenten**

7. In dem Gesundheitscheck denkt die Kommission über die Weiterentwicklung der Marktintervention nach und macht auch einige konkrete Vorschläge. Nach Meinung des Beirats ist es in der Tat eine wesentliche Aufgabe, die bisherigen Instrumente der Preisstützung weiter konsequent abzubauen und Hemmnisse für die internationale Wettbewerbsfähigkeit zu beseitigen.

8. Der Beirat begrüßt die Absicht der Kommission, die künftige Interventionsregelung bei Getreide auf eine abgesenkte Interventionsschwelle bei Weichweizen zu begrenzen.
9. Ebenso begrüßt der Beirat den Vorschlag der Kommission, die Flächenstilllegungsregelung abzuschaffen. Mögliche negative ökologische Konsequenzen sollten, wie von der Kommission vorgeschlagen, durch gezielte Maßnahmen der 2. Säule aufgefangen werden. Für nicht akzeptabel hält der Beirat neuere Überlegungen, möglichen negativen ökologischen Konsequenzen der Aufhebung der Flächenstilllegungsverpflichtung durch eine Verschärfung der Cross-Compliance-Regelung zu begegnen.
10. Die Kommission geht wie viele andere Akteure davon aus, dass die Milchquotenregelung am 31.03.2015 ausläuft. Der Beirat unterstützt die Strategie der Kommission, durch eine schrittweise Aufstockung der Milchquoten die strukturelle Anpassung zu erleichtern; ebenso akzeptabel wäre eine Verringerung der Superabgabe sowie eine EU-weite Saldierung von Quoten oder eine erweiterte Handelbarkeit von Quoten. Auch bei der Anpassung von Instrumenten auf dem Milchmarkt ist es wichtig, einen verlässlichen Zeitplan zu formulieren. Sollten durch den Wegfall der Milchproduktion in einigen Regionen unerwünschte Folgen z. B. für die Kulturlandschaften entstehen, wären geeignete Maßnahmen der 2. Säule zu ergreifen (zur finanziellen Ausstattung siehe Punkt 16). Den Vorschlag, für Berg- und andere marginale Gebiete eine gewisse Mindestproduktion durch gekoppelte Zahlungen der 1. Säule aufrecht zu erhalten, lehnt der Beirat ab (vgl. Punkt 5).

## **Neue Herausforderungen für Landwirtschaft und ländliche Räume**

11. Mit dem Stichwort Risikomanagement werden verschiedene Fragen der Weiterentwicklung der EU-Agrarpolitik unter veränderten Preis- und Produktionsrisiken angesprochen. Neue Preisrisiken können durch volatile Agrarmärkte bei weiterer Liberalisierung der EU-Agrarpolitik entstehen, und neue Produktionsrisiken zeichnen sich als Folge des Klimawandels ab. Grundsätzlich ist der Beirat der Meinung, dass die Absicherung von Risiken primär durch privatwirtschaftliche Aktivitäten erfolgen sollte. Bei speziellen Produktionsrisiken und Marktversagen auf Versicherungsmärkten können marktwirtschaftliche Instrumente unzureichend sein und staatliches Handeln erforderlich machen. Ob nach Abbau der Preisstützung und Liberalisierung der Agrarmärkte eine zunehmende Volatilität auf den Agrarmärkten neue Instrumente der Marktstabilisierung erforderlich macht, ist angesichts der derzeitigen Marktentwicklungen nicht absehbar. Der Kommission ist zuzustimmen, wenn sie die Entwicklungen beobachten und gegebenenfalls später den Bereich des Risikomanagements überprüfen will (vgl. Punkt 7).
12. Bezüglich der Bioenergiepolitik hat die Kommission ihre Vorstellungen im Gesundheitscheck noch einmal aufgegriffen und festgestellt, dass die verbindlichen Ziele für den Anteil von Biokraftstoffen (10 %) und erneuerbaren Energien (20 %) am Gesamtkraftstoff- und Energieverbrauch bis 2020 „beträchtliche Auswirkungen auf die EU-Landwirtschaft haben“ dürften, während „gleichzeitig [...] die Erzeugung von Nahrungs- und Futtermitteln auch künftig die vorrangige Aufgabe der EU-Landwirtschaft“ bleibt (1). Wie ein solcher Spagat bewältigt werden kann, lässt die Kommission offen.
13. Der Beirat hat in seinem Gutachten zur „Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung“ (5) die derzeitige Bioenergiepolitik in Deutschland und Europa kritisiert und empfohlen, die Ausrichtung dieser Politik grundsätzlich zu überdenken. Kritisiert wird insbesondere der ineffiziente Einsatz von Mitteln zur Erreichung der klimapolitischen Ziele; so sind verschiedene Biogaslinien und Biokraftstoffe besonders teuer bei gerin-

ger klimapolitischer Wirkung. Die derzeitige Bioenergiepolitik führt darüber hinaus zu einem Konflikt zwischen Nahrungs- und Futtermittelproduktion einerseits und Bioenergieproduktion andererseits und trägt zu der „neuen Knappheit“ auf den Agrarmärkten bei.

14. Die Kommission schlägt vor, verstärkte Anreize für die Entwicklung von Biokraftstoffen der zweiten Generation anzubieten und zu prüfen, ob die Stützungsregelung für Energiepflanzen noch kosteneffizient ist. Der Beirat hat in seinem Gutachten vorgeschlagen, die Förderung des Energiepflanzenanbaus nicht fortzuführen. Bezüglich der Biokraftstoffe der zweiten Generation hat der Beirat vorgeschlagen, die Technologieentwicklung verstärkt zu fördern, aber zunächst keine Anreize für eine breite Einführung zu geben (5).
15. Die Kommission schlägt den Ausbau der 2. Säule vor, um Klimaanpassungsmaßnahmen, Maßnahmen im Bereich des Wassermanagements und weitere Maßnahmen zum Schutz der Artenvielfalt zu berücksichtigen. Diese Erweiterung des Maßnahmenpektrums ist zu begrüßen. Zur Erreichung der Ziele Abschwächung des Klimawandels und sachgemäßes Wassermanagement hält der Beirat die von der Kommission vorgeschlagene Anpassung der Cross-Compliance-Regelung nicht für einen geeigneten Weg (vgl. Punkt 3). Zur Erreichung dieser Ziele sind andere Instrumente geeigneter, wie der Beirat z. B. in seinem Gutachten zur Bioenergiepolitik für den Klimaschutz dargelegt hat (5).
16. Der Beirat befürwortet eine Ausweitung von Maßnahmen in der 2. Säule, wie zuvor diskutiert; eine damit verbundene finanzielle Aufstockung des Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) sollte jedoch einhergehen mit der Formulierung eines konsistenten Konzepts für die 2. Säule, an dem es nach wie vor mangelt. So hat der Beirat kritisiert (4), dass der ELER noch stark sektor- und nicht regionalorientiert ist, dass generell bei einzelnen Maßnahmen eine stärkere Ziel-Mittel-Betrachtung angezeigt ist und dass das Subsidiaritätsprinzip stärker beachtet werden muss. Gerade vor dem Hintergrund neuer Aufgaben für die 2. Säule ist die vom Beirat geforderte konzeptionelle Neuausrichtung dieses Politikfeldes zwingend notwendig.
17. Die finanzielle Aufstockung der 2. Säule durch das Instrument der Modulation ist problematisch, denn die Entwicklung und Ausstattung dieses neuen und wichtigen Politikfeldes sollte nicht von der Höhe und Entwicklung der Direktzahlungen abhängen. Deshalb empfiehlt der Beirat, die künftige Finanzierung der 2. Säule eigenständig und verlässlich zu regeln.
18. Solange eine ausreichende und verlässliche finanzielle Aufstockung der 2. Säule anderweitig nicht möglich ist, hält der Beirat die von der Kommission vorgeschlagene Anhebung der obligatorischen Modulation in den Haushaltsjahren 2010 bis 2013 um jährlich 2 %-Punkte für eine akzeptable zweitbeste Lösung; umso dringender fordert er die konzeptionelle Weiterentwicklung der 2. Säule und der Politik für den ländlichen Raum (4).
19. Die Kommission weist darauf hin, dass der Gesundheitscheck auch eine Vorbereitung auf die anstehende Überprüfung des EU-Haushalts darstellt. Bei dieser Haushaltsüberprüfung wird es um die grundlegende Finanzierung des künftigen EU-Haushalts und einzelner Politikfelder gehen und damit auch um die künftige Finanzierung der Agrarpolitik und der Politik für den ländlichen Raum. Beim Gesundheitscheck hingegen wird von einem gegebenen Finanzrahmen für die 1. und 2. Säule bis zum Jahr 2013 ausgegangen und die Finanzierung nach 2013 nicht thematisiert. Der Beirat hält es für notwendig, über die Inhalte des Gesundheitschecks hinaus wesentliche Eckpunkte der Agrarpolitik nach 2013 zu diskutieren und rechtzeitig festzulegen, um auch auf diese Weise verlässliche Rahmenbedingungen für die Agrarwirtschaft zu geben.



20. Die Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Landwirtschaft, die in den Luxemburger Beschlüssen eine zentrale Bedeutung hatte, wird in der Kommissionsmitteilung nur randständig thematisiert. Der Beirat geht davon aus, dass sich diese Zielsetzung angesichts der Entwicklung der Weltmärkte und der öffentlichen Haushalte in Zukunft weniger durch traditionelle agrarpolitische Instrumentarien erreichen lässt; es wird vielmehr vor allem um die Weichenstellung in anderen Politikbereichen und um geeignete rechtliche Rahmenbedingungen für Unternehmen gehen. Aktuelle Themen wie eine mögliche „Eiweißlücke“ im Futtermittelbereich, die Zulassung von Pflanzenschutzmitteln oder die Regelung der Produktkennzeichnung werden für die internationale Wettbewerbsfähigkeit der EU-Landwirtschaft von Bedeutung sein.

### **Abschließende Bemerkungen**

Insgesamt ist der Beirat mit der Kommission der Meinung, dass die Umgestaltung der GAP in den letzten Jahren, weg von der protektionistischen Preispolitik und hin zu einer Politik für ländliche Räume, in die richtige Richtung geführt hat. Dass dieser Prozess vergleichsweise langsam verläuft, begründet die Kommission im Rahmen des Gesundheitschecks mit der Notwendigkeit, „nun den Landwirten die Möglichkeit [zu] geben, sich im Rahmen verlässlicher Vorgaben anzupassen“. Die Kommissionsvorschläge im Gesundheitscheck kann man als einen Balanceakt zwischen notwendigen und möglichen Änderungsprozessen interpretieren; die entscheidende Frage ist, wie die Agrarpolitik nach 2013 in ihren Grundsätzen aussehen wird. Dabei muss insbesondere die Flexibilität unternehmerischen Handelns in der Agrar- und Ernährungswirtschaft verbessert werden, um auf die neuen Herausforderungen reagieren zu können.

### **Zusammenfassung**

Am 20. November 2007 hat die Europäische Kommission ihre Vorstellungen zur Weiterentwicklung der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) im Rahmen des sogenannten Gesundheitschecks vorgelegt, zu denen der Wissenschaftliche Beirat für Agrarpolitik Stellung nimmt. Die Stellungnahme bezieht sich auf die Weiterentwicklung der Betriebsprämienregelung, die Umgestaltung und Anpassung von Marktstützungsinstrumenten sowie auf neue Herausforderungen für Landwirtschaft und ländliche Räume. Der Beirat ist mit der Kommission der Meinung, dass die Umgestaltung der GAP in den letzten Jahren, weg von der protektionistischen Preispolitik und hin zu einer Politik für ländliche Räume, in die richtige Richtung geführt hat. Die Kommissionsvorschläge im Gesundheitscheck sind nach Meinung des Beirats ein Balanceakt zwischen notwendigen und möglichen Änderungsprozessen. Die entscheidende Frage ist, wie die Agrarpolitik nach 2013 in ihren Grundsätzen aussehen wird.

### **Summary**

#### *Statement on the Communication from the Commission to the European Parliament and the Council Preparing for the “Health Check” of the CAP reform*

On 20 November 2007, the European Commission presented ideas on the further development of the Common Agricultural Policy (CAP) which have now been commented on by the German Advisory Board for Agricultural Policy at the Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection. The comments refer to the development of the single payment scheme, market interventions and new challenges for agriculture and rural development. The Board agrees that the CAP reforms carried out over the last few years point in the right direction, away from protectionist market intervention towards a policy for rural areas. According to the Board, the Commission’s health check proposals represent a balancing act between necessary and possible adjustments. The important question is what the CAP will look like after 2013.

## Résumé

*Avis concernant la communication de la Commission européenne au Conseil et au Parlement européen*

*Préparation du « bilan de santé de la PAC »*

Le 20 novembre 2007, la Commission européenne a présenté ses idées relatives au développement futur de la Politique Agricole Commune (PAC) dans le cadre du « bilan de santé ». À la suite, le Conseil scientifique pour la politique agricole auprès du ministère fédéral allemand de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Protection des Consommateurs a donné son avis sur ces propositions. Il analyse le développement du régime de paiement unique, la restructuration et l'adaptation des instruments de soutien du marché ainsi que les nouveaux défis pour l'agriculture et pour l'espace rural. Le Conseil scientifique partage l'opinion de la Commission à savoir que les réformes de la PAC réalisées ces dernières années pour abandonner la politique de prix protectionniste et se tourner vers une politique en faveur des régions rurales vont dans la bonne direction. Il voit dans les propositions de la Commission faites dans le contexte du bilan de santé l'effort de trouver le juste équilibre entre les processus de changement nécessaires et les processus possibles. Maintenant, il reste à savoir quels seront les principes de la politique agricole après 2013.

## Literatur

1. Europäische Kommission, 2007: Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament. Vorbereitung auf den „GAP-Gesundheitscheck“. KOM(2007) 277, In: [http://ec.europa.eu/agriculture/healthcheck/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/agriculture/healthcheck/index_en.htm) (28.03.08).
2. Wissenschaftlicher Beirat, 2004: Stellungnahme des Wissenschaftlichen Beirats für Agrarpolitik, nachhaltige Landwirtschaft und ländliche Räume beim Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft zu den Beschlüssen des Rates der Europäischen Union zur Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik vom 26. Juli 2003. In: [http://www.bmelv.de/cln\\_045/nn\\_751706/DE/14-WirUeberUns/Beiraete/AgrVeroeffentlichungen.html\\_\\_nn=true](http://www.bmelv.de/cln_045/nn_751706/DE/14-WirUeberUns/Beiraete/AgrVeroeffentlichungen.html__nn=true) (28.03.2008).
3. –, 2005: Stellungnahme zu aktuellen Fragen der EU-Finzen und des Agrarhaushalts. Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik, nachhaltige Landwirtschaft und ländliche Räume beim BMELV. In: [http://www.bmelv.de/cln\\_045/nn\\_751706/DE/14-WirUeberUns/Beiraete/AgrVeroeffentlichungen.html\\_\\_nn=true](http://www.bmelv.de/cln_045/nn_751706/DE/14-WirUeberUns/Beiraete/AgrVeroeffentlichungen.html__nn=true) (28.03.08)
4. –, 2006: Weiterentwicklung der Politik für die ländlichen Räume. Empfehlungen des Wissenschaftlichen Beirats für Agrarpolitik beim BMELV (übergeben am 11.10.2006). In: [http://www.bmelv.de/cln\\_044/nn\\_751706/DE/14-WirUeberUns/Beiraete/AgrVeroeffentlichungen.html\\_\\_nn=true](http://www.bmelv.de/cln_044/nn_751706/DE/14-WirUeberUns/Beiraete/AgrVeroeffentlichungen.html__nn=true) (28.03.08)
5. –, 2007: Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung – Empfehlungen an die Politik. In: [http://www.bmelv.de/cln\\_044/nn\\_751706/DE/14-WirUeberUns/Beiraete/AgrVeroeffentlichungen.html\\_\\_nn=true](http://www.bmelv.de/cln_044/nn_751706/DE/14-WirUeberUns/Beiraete/AgrVeroeffentlichungen.html__nn=true) (28.03.08)

## Fußnote

- <sup>1)</sup> Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.  
Mitglieder des Beirats: Prof. Prof. Dr. FOLKHARD ISERMAYER (Vorsitzender), Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), Braunschweig; Prof. Dr. Dr. ANNETTE OTTE (Stellvertretende Vorsitzende), Universität Gießen; Prof. Dr. OLAF CHRISTEN, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Prof. Dr. Dr. STEPHAN DABBERT, Universität Hohenheim; Prof. Dr. KLAUS FROHBERG, Universität Bonn; Prof. Dr. ULRIKE GRABSKI-KIERON, Westfälische Wilhelms-Universität Münster; Prof. Dr. JÖRG HARTUNG, Tierärztliche Hochschule Hannover; Prof. Dr. Dr. h.c. ALOIS HEISSENHUBER, Technische Universität München, Prof. Dr. JÜRGEN HESS, Universität Kassel, Prof. Dr. Dr. h.c. DIETER KIRSCHKE, Humboldt-Universität Berlin; Prof. Dr. Peter MICHAEL SCHMITZ, Universität Gießen; Prof. Dr. ACHIM SPILLER, Universität Göttingen; Prof. Dr. ALBERT SUNDRUM, Universität Kassel; Prof. Prof. Dr. CARSTEN THOROE, Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), Braunschweig

*Autorenanschrift:* Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Berlin, Deutschland  
Postanschrift der Geschäftsführung: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Referat 511, 11055 Berlin, Deutschland  
E-Mail: [511@bmelv.bund.de](mailto:511@bmelv.bund.de)

# Möglichkeiten und Grenzen der Beeinflussung des allergenen Potenzials von Kulturpflanzen durch Pflanzenzüchtung

Von MARC ZAHN und FRANK ORDON, Quedlinburg

## 1 Einleitung

Durch pflanzliche Lebensmittel hervorgerufene allergische Krankheitsbilder sind sehr vielfältig und nur mit einem hohen diagnostischen Aufwand zu identifizieren. Oft zeigen sich Lebensmittelallergien (LMA) an der Haut, am Gastrointestinaltrakt und in den Atemwegen (37). Vor dem Hintergrund einer steigenden Anzahl von Allergikern gewinnt eine allergenarme Ernährung im Zuge des gesundheitlichen Verbraucherschutzes zunehmend an Bedeutung (2; 30). Wenngleich die klassische Lebensmittelallergie in aller Regel als Soforttypreaktion (Typ I Allergie) unter Beteiligung von Immunglobulinen (Ig) der Klasse E verläuft, ist es dennoch sinnvoll, die Menge der Allergie auslösenden Stoffe soweit wie möglich zu reduzieren, da der Kontakt mit allergenen Stoffen in Lebensmitteln vermindert wird und damit die Gefahr der Sensibilisierung sinkt (38). Zur Vorbeugung von Allergien kann eine Verringerung allergener Stoffe in Lebensmitteln durch eine gezielte Züchtung allergenarmer Sorten bei landwirtschaftlich und gartenbaulich bedeutenden Kulturarten einen entscheidenden Beitrag leisten. Ein generelles Verbot aller potenziellen Allergene im Lebensmittelbereich ist dagegen als kontraproduktiv zu betrachten, da dieses zu einer massiven Einschränkung des Lebensmittel- und Produktangebots führen würde. Allergiker, denen ihre Sensibilisierung gegenüber bestimmten Allergenen bekannt ist, könnten auf spezielle Produkte aus allergenarmen bzw. -freien Pflanzenrohstoffen zurückgreifen, die aus allergenarmen bzw. -freien Sorten produziert wurden. Sie wären damit nicht auf entsprechende Ersatzprodukte angewiesen, sodass allergenreduzierte Sorten zu einer Verbesserung der Lebensqualität der betroffenen Personengruppe beitragen würden.

Bei allergenen Substanzen aus Pflanzen handelt es sich häufig um natürlicherweise in pflanzlichen Produkten vorkommende Proteine oder Glycoproteine. Bei diesen ist eine erhebliche Variabilität bezüglich der Molekülgröße und der Struktur bekannt. Niedermolekulare Verbindungen und Kohlenhydrate spielen hier nur eine untergeordnete Rolle (3; 29). Die strukturelle Vielfalt lässt bereits vermuten, dass entsprechende Verbindungen sehr spezifische Aufgaben im pflanzlichen Organismus erfüllen. Aus pflanzenphysiologischen Untersuchungen sowie durch die Genomanalyse konnten jedoch in den vergangenen Jahren wichtige Erkenntnisse zur Bildung und Funktion entsprechender Proteine gewonnen werden, aus denen sich Ansätze für Strategien zur Senkung des allergenen Potenzials bei Kulturarten, die für den Menschen von herausragender Bedeutung sind, ergeben. So bieten konventionelle pflanzenzüchterische Ansätze im Zusammenspiel mit Erkenntnissen der Genomanalyse die Möglichkeit, die Bildung und Struktur allergener Inhaltstoffe zu beeinflussen. Ein wichtiges Werkzeug in diesem Zusammenhang sind auch gentechnische Methoden, die jedoch an dieser Stelle nur kurz angesprochen werden können (25). Im Rahmen dieser Darstellung soll vielmehr der Schwerpunkt auf Möglichkeiten der Verringerung der Allergenität durch einer Erfassung der gebildeten Menge und der allelischen Diversität entsprechender Allergene am Beispiel des Weichweizens (*Triticum aestivum*), der für die menschliche Ernährung neben Reis bedeutendsten Kulturpflanze, gelegt werden.

## 2 Allergene Proteine in Kulturpflanzen

Die Auswertung der in der wissenschaftlichen Literatur zugänglichen Informationen über Allergene in landwirtschaftlichen Kulturpflanzen und deren Produkte zeigt eine außerordentliche Vielfalt an allergenen Substanzen und das Auftreten von Allergenen in nahezu allen Kulturpflanzen (Tab. 1). Neben gemeinhin bekannten allergenen Proteinen aus gartenbaulichen Kulturen wie Möhre, Apfel und Sellerie, zeigen auch eine große Anzahl landwirtschaftlicher Kulturarten ein erhebliches allergenes Potenzial. Entsprechende Majorallergene sind z. T. bereits auf molekularer Ebene identifiziert.

*Tabelle 1. Allergene Proteine in ausgewählten landwirtschaftlichen Kulturarten*

Landwirtschaftliche Kulturpflanze	Allergenes Protein	Literatur / Quelle
Weizen	Albumin/Globulin	(18)
	Alpha-Amylase-Inhibitor Lipidtransferproteine Profilin	(14)
Mais	Profilin Lipidtransferproteine Pectatlyase	(47)
Gerste	Albumin/Globulin	(18)
	Alpha-Amylase-Inhibitor Lipidtransfereproteine	(35)
Raps/Brassicaceen	Lipidtransferproteine	(47)
Kartoffel/Solanaceen	Patatine	(52)
	Lipidtransfereproteine	
Erbse	Proteine mit Homologien zu Pollenallergenen	(28)
Bohne	Verschiedene PR-Proteine	(28)
	Speicherproteine	(18)

Es existieren vielfältige Ansätze allergene Substanzen aus Pflanzen in Gruppen mit ähnlichen Eigenschaften einzuteilen, um so die Identifizierung neuer Allergene zu erleichtern. Durch Analysen der Aminosäurestruktur lassen sich praktisch alle bekannten allergenen Proteine aus Pflanzen in drei übergeordnete Genfamilien (super gene families) einteilen, welche innerhalb ihrer Gruppe Sequenzhomologien aufweisen (5; 7; 29). In diese Gruppen gehören die beiden großen übergeordneten Genfamilien der Cupine und Prolamine sowie die Gruppe der Cysteinproteasen C1 (Abb. 1). Darüber hinaus werden bei fortschreitender Sequenzierung pflanzlicher Genome neue, potenziell allergene Proteine entdeckt, welche in Datenbanken wie Farrp (<http://www.allergenonline.com/>) und Protall (<http://www.ifr.bbsrc.ac.uk/protall/>) hinterlegt sind.

Neben diesen großen übergeordneten Genfamilien existieren noch weitere Gruppen, wie die Gruppe der sogenannten *pathogenesis related* Proteins (PRs). Diese Gruppe leitet sich nicht primär durch Sequenzhomologien ab, sondern vielmehr durch Übereinstimmungen in ihrem Expressionsprofil und in ihrer Funktion (4). Entsprechende Proteine werden nach Kontakt bzw. Infektion mit pilzlichen, bakteriellen oder viralen Pathogenen verstärkt exprimiert. Ebenso können Verwundung und abiotischer Stress zur Induktion einzelner Mitglieder dieser Proteingruppe führen. Insgesamt konnte diese komplexe Gruppe in 14

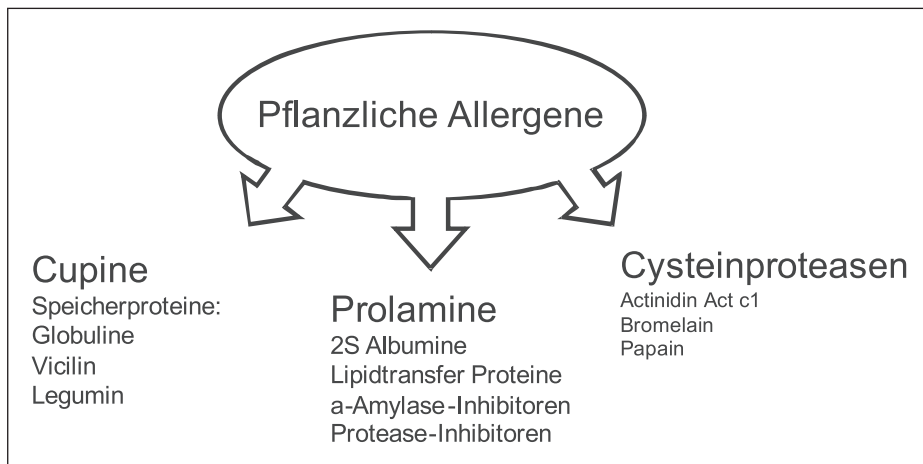


Abb. 1. Einteilung von pflanzlichen Allergenen basierend auf Sequenzhomologien zwischen übergeordneten Genfamilien (super gene families)

Quelle: (5; 29)

Genfamilien eingeteilt werden (49; 50). In diesen Proteinfamilien wurde eine ganze Reihe von Allergenen identifiziert, so sind PR-2 ( $\beta$ -1,3-glucanases, 1), PR-3 (Chitinase, 17), PR-5 (Thaumatococcus-ähnliche Proteine, 20), PR-10 (Homologes Protein zum Majorallergen des Birkenpollens Bet v1, 7) und Pr-14 (Lipidtransfer Protein, 33) als allergen beschrieben. Es existiert noch eine weitere Gruppe von Abwehrproteinen, welche zumeist gegen fressende Insekten gerichtet sind. In diese Gruppe sind verschiedene Proteinasen- und alpha-Amylasen-Inhibitoren (5) einzuordnen. Sie könnten theoretisch der Gruppe der PR-Proteine zugeordnet werden, unterscheiden sich aber von diesen in Ihrem Expressionsprofil. Diese Proteine werden nicht nach Kontakt oder Infektion mit einem Pathogen verstärkt exprimiert, sondern konstitutiv in Überdauerungsorganen wie Samen oder Knollen eingelagert. Die in diese Gruppe gehörenden alpha-Amylase-Inhibitoren werden unter Abschnitt 4.1.1 eingehend beschrieben, da es sich bei ihnen um Majorallergene des Weizens handelt.

Soll entschieden werden, ob eine Reduktion allergener Proteine durch züchterische oder biotechnologische Maßnahmen potenziell negative Auswirkungen auf den Ertrag, die Qualität bzw. das Pathogenabwehrverhalten hat, so ist eine Einteilung, welche sich nur auf Sequenzhomologien oder physiologische Funktionen bezieht, wenig sinnvoll, da einzelne Proteine der übergeordneten Proteinfamilien ein sehr breites Spektrum an Funktionen besitzen. Werden die bekannten allergenen Proteine aufgrund ihrer Funktion unterschieden, so lassen sie sich grundsätzlich in Abwehrproteine und Speicherproteine einteilen. Zusätzlich existieren noch weitere Gruppen von allergenen Proteinen, wie z. B. ubiquitäre eukaryotische Profiline. Diese Proteine sind für die Ausbildung des Zytoskeletts in der Zelle notwendig (39). Bei einer funktionellen Einteilung von allergenen Proteinen ergibt sich somit eine Unterscheidung in Speicherproteine, Proteasen, Profiline, *pathogenesis related* Proteine und Inhibitoren vom Proteasen und Amylasen (Abb. 2).

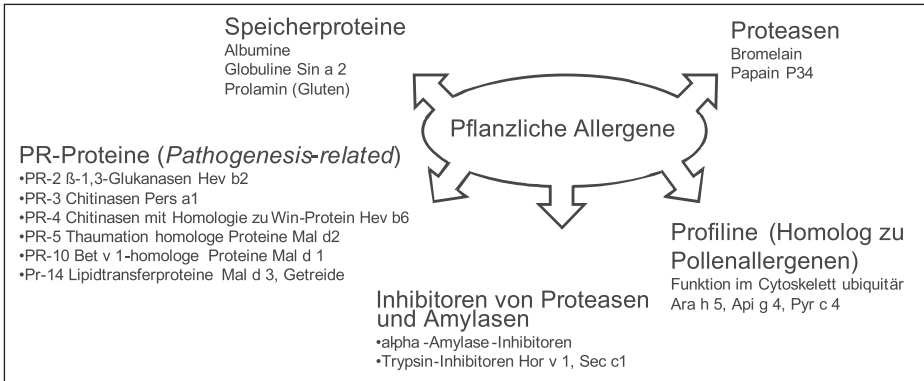


Abb. 2. Einteilung von pflanzlichen Allergenen basierend auf ihrer Funktion in der Pflanze.

Quelle: (4; 5; 39)

## 2.1 Möglichkeiten und Grenzen der züchterischen Reduktion allergener Proteine

Bei einer Vielzahl von Untersuchungen war es das primäre Ziel, Allergene molekular zu charakterisieren und sie basierend auf ihren Sequenzeigenschaften in Gruppen einzuteilen. Dieses Vorgehen ist sinnvoll, um z. B. Vorhersagen bezüglich der potenziellen Allergenität eines Proteins zu treffen, wie es zum Beispiel im Rahmen eines Zulassungsverfahrens von transgenen Pflanzen notwendig ist. Bei züchterischen Bestrebungen zur Verminderung der Allergenität muss die Frage im Vordergrund stehen, inwieweit eine Reduktion der allergenen Proteine zu einer Verminderung der Vitalität, bzw. der Qualität des gewonnenen Ernteprodukts führt. Für züchterische Fragestellungen ist es daher sinnvoll entsprechende Proteine dem primären oder sekundären Stoffwechsel zu zuordnen.

### 2.1.1 Allergene Proteine des primären Stoffwechsels

Bei Betrachtung der relevanten Proteingruppen kann zunächst eine Unterscheidung in Stoffe des primären und des sekundären Stoffwechsels durchgeführt werden. Proteine des primären Stoffwechsels sind obligat für das Überleben der Pflanzenzelle. Bezüglich der allergenen Substanzen in Pflanzen fallen z. B. die Profiline in diese Proteingruppe. Bei Profilinen handelt es sich um für die Ausbildung des Zytoskeletts der Zelle notwendige Proteine (40). Der züchterisch/biotechnologische Versuch solche Substanzen generell in Kulturpflanzen massiv zu reduzieren, ist als wenig erfolgversprechend zu erachten, da er zu nicht lebensfähigen bzw. in ihrer Vitalität stark eingeschränkten Pflanzen führen würde. Theoretisch wäre es zwar möglich, allergene Profiline durch nicht allergene Profilinvarianten aus anderen Pflanzen oder Organismen zu ersetzen. Insgesamt ist dieses Vorgehen jedoch als schwierig einzuschätzen.

Ein weiterer zu berücksichtigender Aspekt ist, inwieweit allergene Stoffe zur Qualität von pflanzlichen Produkten beitragen. So sind eine Reihe von Speicherproteinen, wie Glycinin, Vicilin, Patatine oder auch Glutenproteine allergen (42). Inwieweit hier eine Reduktion mit den generellen Zuchtzielen, z. B. Backqualität des Weizens, vereinbar ist, muss kulturartspezifisch entschieden werden. Darüber hinaus sind Speicherproteine häufig für die Keimfähigkeit des Samens notwendig und eine massive Reduktion könnte zum Verlust der Keimfähigkeit führen.

### 2.1.2 Allergene Proteine des sekundären Stoffwechsels

Andere allergene Substanzen sind der Gruppe der Proteine des sekundären Stoffwechsels zuzuordnen. Unter sekundären Stoffwechselprodukten versteht man solche Stoffe, welche für das Überleben einer Zelle nicht zwingend notwendig, aber für die Pflanze als Gesamtorganismus nützlich sind. Hier sind allergene Abwehrproteine, wie z. B. PR-Proteine, einzuordnen. Sie steigern die Fitness der Pflanzen, da sie gegen Pathogene schützen, sind aber für das Überleben nicht zwingend notwendig. Als Beispiel sind alpha-Amylase-Inhibitoren zu nennen (14). Alpha-Amylase-Inhibitoren verhindern die Verdauung von pflanzlicher Stärke durch fressende Insekten. Es handelt sich damit um Abwehrproteine, die grundsätzlich für die Pflanze entbehrlich sind. Eine züchterische/biotechnologische Reduktion dieser Stoffe wäre daher in Gebieten, in denen fressende Insekten von untergeordneter Bedeutung sind, sinnvoll und durchführbar. Im speziellen Falle der alpha-Amylase-Inhibitoren könnte eine Reduktion zu einer erhöhten Anfälligkeit gegenüber fressenden Insekten führen, welche allerdings z. B. im Weizenanbau in unseren Breiten nur eine untergeordnete Rolle spielen. Insekten, die sich vom Endosperm (Expressionsort der alpha-Amylase-Inhibitoren) ernähren, treten hier lediglich während der Lagerhaltung auf.

## 3 Methoden zur Reduktion von Allergenen

Im Folgenden wird vor dem Hintergrund der beschriebenen Fakten dargestellt, wie es durch konventionell-züchterische Maßnahmen und biotechnologische Methoden möglich ist, Allergene in Pflanzen zu reduzieren. Hierbei liegt der Schwerpunkt ausschließlich auf Methoden, welche direkt die Produktion von Allergenen in Kulturpflanzen verhindern bzw. reduzieren, während auf die Möglichkeiten der Reduktion von Allergenen durch Verarbeitung bzw. Prozessierung der pflanzlichen Produkte nicht eingegangen wird. Zum Erreichen dieses Zuchtziels, d. h. Reduktion der Allergenität sind zwei Strategien denkbar (i) die Identifikation von Genotypen mit einem reduzierten Expressionsniveau des entsprechenden allergenen Proteins und (ii) die Identifikation von Genotypen mit abweichenden, weniger- bzw. nichtallergenen Proteinvarianten, d. h. die Erfassung und Nutzung der allelischen Diversität.

### 3.1 Identifizierung genotypischer Expressionsunterschiede

Ein konventionell-züchterischer Ansatz ist die Evaluierung großer Genbanksortimente (z. B. IPK Gatersleben) zur Identifikation von Genotypen, welche nicht oder nur in geringem Maße allergene Proteine exprimieren. Zur Erfassung etwaiger Unterschiede (Phänotypisierung) stehen grundsätzlich zwei verschiedene Methoden zur Verfügung.

#### 3.1.1 Protein-basierte Methoden zum Nachweis allergener Proteine

Protein-basierte Methoden beruhen auf dem Nachweis einer immunochemischen Reaktion zwischen allergenem Protein und spezifischem Antikörper. Ein wichtiges Verfahren in diesem Zusammenhang ist die SDS-PAGE/Immunoblot Technik (34). Bei dieser Technik wird aufgereinigtes Protein in einer Gelelektrophorese entsprechend der Molekülgröße aufgetrennt und auf eine Trägermembran übertragen. Proteinbanden von allergenen Zielproteinen können auf der Membran mit Hilfe von allergenspezifischen Antikörpern identifiziert werden. Über die unterschiedliche Signalstärke lassen sich Rückschlüsse auf die Proteinkonzentration ziehen. Ein Vorteil dieser Methode ist der direkte Nachweis des allergenen Proteins im Vergleich zu Transkript-basierten Methoden (real time PCR). Nach-

teilig ist der experimentell große Aufwand, der dieses Verfahren für ein breit angelegtes Screening von genetischen Ressourcen ungeeignet erscheinen lässt.

Generell sind immunologische Verfahren, wie RAST (radio-allergosorbent test), EAST (enzyme allergosorbent test) oder ELISA (enzyme linked immunosorbent assay) aufgrund der Sensibilität von Proteinen bei der Reinigung und der Notwendigkeit der Verfügbarkeit von Patientenseren eher für klinische Forschungen, als für die Evaluierung pflanzengenetischer Ressourcen geeignet (19).

### 3.1.2 *Transkript-basierte Methoden zum Nachweis allergener Proteine (Real-time PCR)*

Eine Voraussetzung für die Anwendung der Real-time PCR-Technik ist das Vorhandensein von Nukleinsäuresequenzen (cDNAs) der Proteine mit allergenem Potenzial. In Datenbanken, wie Farrp (<http://www.allergenonline.com/>), Protall (<http://www.ifr.bbsrc.ac.uk/protall/>) oder dem *National Center for Biotechnology Information* (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>), lassen sich für allergene Proteine codierende cDNAs finden. Basierend auf diesen Sequenzdaten können Primer und Sonden entworfen werden durch welche sich in cDNA-Präparationen aus verschiedenen Genotypen die Häufigkeit des Transkripts allergener Proteine bestimmen lässt. Vorteilhaft an dieser Methode ist eine experimentell einfache Durchführung, eine sehr hohe Sensibilität und Spezifität sowie ein relativ geringer Preis. Allerdings werden bei dieser Technik die Transkripte der allergenen Proteine gemessen und nicht die Proteine selbst. Im Allgemeinen ergibt sich allerdings eine sehr enge Korrelation zwischen Transkriptionsstärke und Proteingehalt. Diese Technik eignet sich für ein primäres Screening von größeren Sortimenten genetischer Ressourcen.

## 3.2 Selektion von Pflanzen mit weniger allergenen Proteinvarianten

Da potenziell allergene Proteine in vielen unterschiedlichen Pflanzenarten vorkommen aber nur in wenigen Allergie auslösend sind, ist davon auszugehen, dass sich auch innerhalb einer Kulturart für die entsprechenden Proteine Sequenzvariationen nachweisen lassen, so z. B. für den alpha-Amylase Inhibitor der Gerste (siehe Abb. 4). Jedoch ist häufig nicht nur eine Genkopie des entsprechenden Allergens im Pflanzengenom vorhanden, sondern es handelt sich innerhalb der Arten um z. T. große Genfamilien so z. B. bei den Allergie auslösenden Mal d 1-, Mal d 2-, Mal d 3- und Mal d 4- Proteinen (9; 10; 11), wodurch die Erfassung der allelischen Diversität und deren Assoziation zum allergenen Potenzial erschwert wird. Entsprechende Sequenzabweichungen führen zu verschiedenen Proteinvarianten, welche bezüglich ihrer Allergenität bzw. IgE-bindenden Eigenschaften charakterisiert werden können. Hierfür kann Gesamtprotein aus entsprechenden Genotypen verwendet werden oder einzelne Allelvarianten rekombinant exprimiert werden (siehe Abschn. 4.2.5). Genotypen mit Sequenzen von Proteinvarianten (Allelen) mit niedrigem allergenem Potenzial können als Ausgangsmaterial für die Züchtung neuer allergenarmer Sorten dienen. In diesem Zusammenhang ist es wichtig Sequenzabweichungen, welche mit weniger allergenen Proteinvarianten assoziiert sind, in molekulare Marker zu konvertieren, diese zu kartieren (9; 10; 11) und so die Züchtung allergenarmer Sorten durch markergestützte Selektion (MAS) zu beschleunigen.

## 3.3 Gentechnische Methoden

Es existieren eine Reihe von Möglichkeiten mittels gentechnischer Maßnahmen die Expression von unerwünschten Proteinen wie z. B. Allergenen zu verhindern. Die zunächst übliche *antisense*-Strategie wurde weitestgehend von der sogenannten RNA-Interferenz (RNAi) abgelöst (25). Dieses Phänomen wurde in Pflanzen bereits 1929 (26) als Kreuz-



resistenz beschrieben, d. h. Pflanzen zeigen Resistenz gegen ein Virus, wenn sie zuvor mit einem engverwandten Virus infiziert wurden. Heute wird dieses Phänomen als *post-transcriptional gene silencing* (PTGS) bezeichnet und beschreibt Mechanismen, bei denen die Genexpression durch Zerstörung der mRNA verhindert wird. Verantwortlich für diesen komplexen Vorgang ist eine Reihe von verschiedenen, zum Teil hoch konservierte Mechanismen (45; 51), die an dieser Stelle nicht näher besprochen werden sollen. Von entscheidender Bedeutung für RNAi-Techniken ist aber das Vorhandensein von doppelsträngiger RNA (dsRNA, 21), welche über verschiedene Mechanismen zum Abbau von mRNAs mit homologen Sequenzen für das allegene Protein führt. Die Funktionalität dieser Technik konnte im Bereich der Reduzierung von allergenen Komponenten aus Tomaten eindrucksvoll gezeigt werden (24). Im Rahmen dieser Arbeiten wurden allergene Lipidtransferproteine durch die RNAi-Technik in ihrer Expression gehindert. Sowohl *in vitro*- als auch Hauttests mit betroffenen Patienten konnten eine massive Reduktion der Allergenität dieser Tomaten zeigen. Diese Arbeit wurde 2007 mit dem Max Rubner-Preis der Deutschen Gesellschaft für Ernährung e.V. (DGE) ausgezeichnet.

Es können grundsätzlich zwei Strategien verfolgt werden, um die doppelsträngige RNA mit den Zielsequenzen in die Pflanze einzubringen:

### 3.3.1 Stabile Transformation

Hierbei wird die Zielsequenz in *sense* und in reversinvertierter Orientierung, getrennt durch eine *spacer*-Sequenz, in eine Expressionskassette kloniert und diese stabil in das Pflanzengenom eingebracht. Die entstehende mRNA faltet sich dann zu einer sogenannten *hairpin*-Struktur, wobei die Zielsequenz eine doppelsträngige RNA-Struktur bildet und so den RNAi-Mechanismus einleitet, welcher mRNAs von Genen mit homologen Sequenz vernichtet und so ihre Expression verhindert. Diese Technik wird bereits bei einer Reihe von Kulturpflanzen erfolgreich angewendet, so konnte z. B. der Koffeingehalt in Kaffeebohnen gesenkt oder die Lagerfähigkeit von Tomaten verbessert werden (25).

### 3.3.2 Transiente Transformation

Bei transienten Techniken ist der RNAi-Mechanismus nur zeitlich begrenzt wirksam. Eine Technik ist hier das *virus induced gene silencing* (VIGS). Hier wird die Zielsequenz in ein Pflanzenvirus eingebaut und die Pflanzen nun mit diesem rekombinanten Virus infiziert. Jene RNAi-Mechanismen, welche die Replikation des Virus verhindern, führen auch zur Verhinderung der Translation der Zielsequenzen (8; 16; 22; 36; 48). Die Nutzung dieses Verfahrens ist jedoch im Wesentlichen in der Forschung zu sehen, da es hinsichtlich einer Anwendung in Freilandkulturen im Hinblick auf die biologische Sicherheit als kritisch einzustufen ist. Es existieren jedoch Ansätze von Bakterien produzierte dsRNAs direkt auf Pflanzen zu applizieren und so mittels RNAi unerwünschte Genprodukte für einen begrenzten Zeitraum zu eliminieren (44). Diese Technik wurde im Zusammenhang mit allergenen Proteinen bisher noch nicht erprobt, hätte allerdings bei ausreichender Funktionalität das Potenzial, in der pflanzlichen Produktion eingesetzt zu werden.

## 4 Strategien zur Reduktion des allergenen Potenzials des Weizens

In diesem Abschnitt soll eine mögliche Strategie zur Reduktion eines Majorallergens des Weizens am Beispiel des alpha-Amylase-Inhibitors dargestellt werden. Das vorgeschlagene Vorgehen hat das Ziel, Weizengenotypen bezüglich des Expressionsniveaus und der allelischen Diversität des alpha-Amylase-Inhibitors zu charakterisieren. Hiermit soll der Grundstein für das langfristige Ziel der Züchtung allergenarmer Weizensorten gelegt werden. Dieser Forschungsansatz basiert auf der in den letzten Jahren weit fortgeschrittenen

molekularen Charakterisierung von allergenen Proteinfamilien, indem Sorten und Genbankakzessionen im Hinblick auf das Expressionsniveau und die allelische Diversität an diesen Loci untersucht und anschließend im Hinblick auf ihre Allergenität in Zusammenarbeit mit medizinisch forschenden Gruppen überprüft werden.

#### 4.1 Allergene im Weizen

Allergene bzw. unverträgliche Proteine im Weizen sind vor allem durch die sogenannte Zöliakie, hervorgerufen durch Gluten, bekannt. Der immunologische Mechanismus bei der Zöliakie ist nicht primär IgE-vermittelt. Hier binden die vom Patienten produzierten Histokompatibilitätsantigene (HLA) an bestimmte Proteinabschnitte der Glutenproteine (Gliadinpeptide). Diese Proteinkomplexe binden wiederum an spezielle Lymphozyten (CD4 und t-Helferzellen), welche daraufhin entzündungsfördernde Botenstoffe ausschütten. Diese entzündliche Reaktion führt letztendlich zur Zerstörung von Dünndarmzotten. Bei der Zöliakie handelt es sich daher um eine Mischform aus Allergie und Autoimmunerkrankung. Bei vielen Patienten, wie Bäckern (Bäckerasthma) und Kleinkindern, zeigen sich Symptome auf Weizenprodukte, die eindeutig den Typ I-Allergien zuzuordnen sind (18). Mittels immunologischer Analysen mit Seren dieser Patienten und verschiedenen Proteinfraktionen aus Weizen konnten über die IgE-bindenden Eigenschaften drei Majorallergene des Weizens identifiziert werden (18):

- Albumine, Globuline, Gliadine (Speicherproteine)
- Lipidtransferproteine
- alpha-Amylase-Inhibitoren

Die Glutenfraktion war schon Gegenstand vieler Untersuchungen und eignet sich für die züchterische Ausrichtung dieses Forschungsvorhabens wenig, da der Glutengehalt entscheidend die Backqualität des Weizens beeinflusst. Lipidtransferproteine sind generell hoch interessant, allerdings zeigt sich bei der Betrachtung der Literatur, dass diese primär bei Südeuropäern Allergie auslösend sind (32). Daher ist die Untersuchung von alpha-Amylase-Inhibitoren im Weizen in unseren Breiten von besonderer Bedeutung. Für eine Untersuchung von alpha-Amylase-Inhibitoren spricht ebenso die Tatsache, dass diese Proteine mit der Entstehung von atopischen Ekzemen bei Kleinkindern in Zusammenhang gebracht werden (18).

##### 4.1.1 Alpha-Amylase-Inhibitoren im Weizen

Bei den alpha-Amylase-Inhibitoren handelt es sich um Proteine des sekundären Stoffwechsels und es konnte bereits eine Variabilität bezüglich der IgE-Bindung aus Patientenserum und damit bezüglich der Allergenität dieser Proteine in einem Sortiment aus internationalen Genbankakzessionen des Weizens (*Triticum aestivum*) gezeigt werden (31). Die herausragende Bedeutung der alpha-Amylase-Inhibitoren für die Allergenität des Weizens im Vergleich zu anderen Gruppen von Majorallergenen zeigte sich ebenfalls dadurch, dass noch geringste Proteinmengen zu einer Bindung von Patienten IgEs führten. Eine züchterische Einflussnahme ist bei den alpha-Amylase Inhibitoren durchaus denkbar, da diese Proteine nicht obligat für das Überleben der Pflanze sind. Alpha-Amylase-Inhibitoren bilden eine Genfamilie in Weizen und Gerste aus monomeren, homodimeren und heterotetrameren Enzymen (27). Für Allergiker scheinen heterotetramere alpha-Amylase-Inhibitoren eine herausragende Rolle zu spielen. Diese gliedern sich in drei Untereinheiten: CM16, CM2 und CM3. Nach einer selektiven Reinigung binden Antikörper von Patienten lediglich an die CM3 Untereinheit, wobei Pricktests mit den gereinigten Untereinheiten auch bei der CM16-Untereinheit zu einer leichten Reaktion führten (22). Eine Southern-Blot-Analyse von aneuploiden Weizenlinien mit CM3-spezifischen Sonden zeigte das Vorhandensein von je einer Kopie des CM3-Gens auf den Chromosomen 4A, 4B und 4C des hexaploiden

Weizens (12). Obwohl diese Untersuchungen das Vorhandensein einer entsprechenden Genkopie im A-Genom des Weizens zeigen, konnte in enzymatischen Analysen keine alpha-Amylase-Aktivität von Proteinen des A-Genoms nachgewiesen werden (13; 15). Bei dem CM3-Gen des A-Genoms muss es sich daher um ein Gen mit einem sehr niedrigen Expressionsniveau, ein Pseudogen oder um ein mutiertes Gen mit einer verminderten Enzymaktivität handeln.

Basierend auf diesen Fakten ist es sinnvoll im Rahmen eines Pilotprojekts zunächst die CM3-Untereinheit von heterotetrameren alpha-Amylase-Inhibitoren hinsichtlich ihrer allelischen Diversität bzw. ihres Expressionsniveaus genauer zu untersuchen.

#### 4.2 Ermittlung allelischer Diversität und Bestimmung des Expressionsniveau von alpha-Amylase-Inhibitoren im Weizen

Im Rahmen des Aktionsplans des BMELV gegen Allergien wird ein Projekt zur Ermittlung der allelischen Diversität und des Expressionsniveau von alpha-Amylase-Inhibitoren in Weizen an der Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen gefördert. Bezüglich der alpha-Amylase-Inhibitoren wurden bisher keine systematischen Evaluierungen von Genbankakzessionen und zugelassenen Sorten im Hinblick auf Unterschiede im Expressionsniveau durchgeführt. Ferner liegen keine umfangreichen Erkenntnisse bezüglich der etwaig vorhandenen allelischen Diversität vor, die eine Selektion von Allelen ermöglicht, welche für weniger allergene Varianten des entsprechenden Proteins codieren. Da auch die alpha-Amylase-Inhibitoren im weiteren Sinne zur Klasse der sogenannten *pathogenesis related proteins* (PRs) gehören, besteht jedoch die Gefahr, dass eine Reduktion dieser Substanzen negative Auswirkungen auf das Resistenzverhalten hat. Vor diesem Hintergrund sollen in diesem Projekt folgende Ziele verfolgt werden:

- Bestimmung der genotypischen Diversität kodierender Sequenzen, welche zu Veränderungen in der Proteinsequenz des alpha-Amylase Inhibitors bei Weizen und damit zu veränderter Allergenität führen (Erfassung der allelischen Diversität).
- Genotypische Analyse von Expressionsunterschieden im Hinblick auf alpha-Amylase-Inhibitoren durch eine relative Quantifizierung mittels Real time PCR.
- Immunologische Untersuchungen zur Aufklärung inwieweit strukturelle Variationen der CM3-Untereinheit des alpha-Amylase-Inhibitors bzw. Expressionsunterschiede zu einer Veränderung der Allergenität bzw. IgE-Bindung führen.
- Überprüfung inwieweit das Expressionsniveau bzw. verschiedene Proteinvarianten zu einer Veränderung der Pathogenabwehr führen.

Basierend auf diesen grundlegenden Arbeiten können folgende langfristige Ziele verfolgt werden:

- Auswahl von allergenarmen Genotypen als Ausgangspunkt für die Züchtung allergenarmer Sorten.
- Genetische Kartierung und Entwicklung molekularer Marker für markergestützte Selektionsverfahren (MAS) im Rahmen der Züchtung allergenarmer Sorten.

Mit diesen Arbeiten werden die Voraussetzungen geschaffen, künftig effektiv allergenärmere Genotypen zu identifizieren, züchterisch nutzbar zu machen und so einen Beitrag zum gesundheitlichen Verbraucherschutz zu leisten. Neben dem für Allergiker unmittelbaren Nutzen der Reduktion von allergenen Substanzen im Weizen, könnte es langfristig zu einer Verminderung von Weizenallergikern in der Bevölkerung kommen, da die Reduktion von alpha-Amylase-Inhibitoren zu einer verminderten Sensibilisierung durch diese allergenen Proteine und damit zu weniger Allergikern führen würde. In einem Flussdiagramm soll die Konzeption des Projekts noch einmal verdeutlicht werden (Abb. 3)

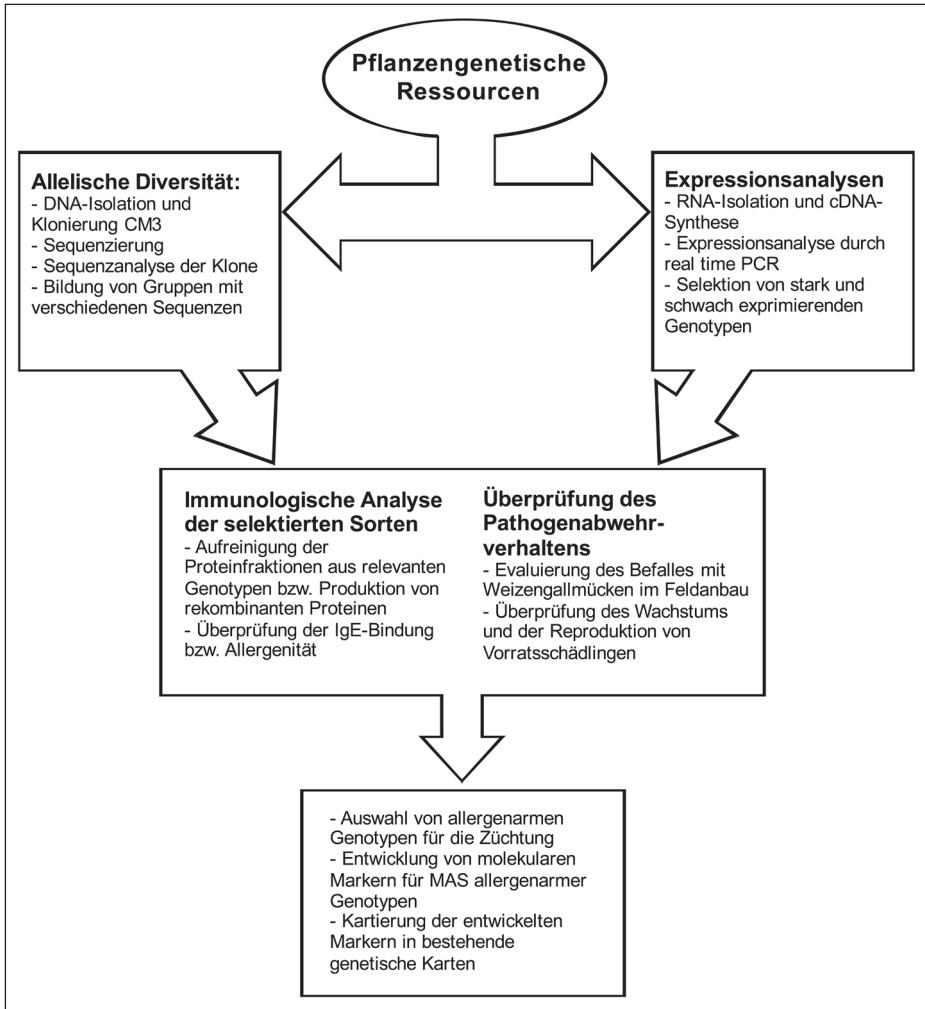


Abb. 3. Konzeption eines Projekts zur Evaluation von allergenärmeren Genotypen des Weizens

#### 4.2.1 Zusammensetzung des Testsortiments

Ein entscheidender Faktor für den Nachweis von allelischer Diversität und Expressionsunterschieden bezüglich der CM3-Untereinheit des tetrameren alpha-Amylase-Inhibitors ist eine sinnvolle Auswahl des zu untersuchenden Sortiments. Das Sortiment sollte sich folgendermaßen zusammensetzen:

- Aktuelle Sorten (Saatgutvermehrungsfläche von über 200 ha nach der Sortenliste des BSA dem Jahr 2007), die eine schnelle züchterische Nutzung erlauben.
- Genbankherkünfte, die bereits eine erhöhte bzw. erniedrigte Allergenität in einem immunologischen Screeningverfahren gezeigt hatten (31) sowie weitere Genbankherkünfte aus verschiedenen geographischen Regionen.
- Ausgangsarten des Weizens, die das A- (*Triticum urartu* und *T. monococcum*), das B- (*Aegilops longissima* und *A. speltoides*) und D-Genom (*Triticum tauschii*) repräsentieren. Ebenso sollen Weizenformen wie Kamut® (43) und Dinkel (*Triticum spelta*),

die häufig von Patienten mit Weizenunverträglichkeit konsumiert werden können, untersucht werden.

- Genotypen für die bereits detaillierte genetische Karten vorliegen.

Durch diese Auswahl soll ein direkter Nutzen für den Verbraucher gewährleistet werden, falls Unterschiede in zugelassenem Sortenmaterial identifiziert werden, bzw. die Grundlage für die Züchtung allergenarmer Sorten geschaffen werden.

#### 4.2.2 Sequenzanalyse der CM3 Untereinheit des tetrameren alpha-Amylase-Inhibitors des Weizens

Wie unter Abschnitt 4.1.1 beschrieben, ist für das Auslösen des Bäckerasthmas und anderer Allergien gegen Weizenprodukte die CM3 Untereinheit des tetrameren alpha-Amylase-Inhibitors des Weizens ein entscheidender Faktor, sodass diese Proteine im Projekt primär untersucht werden. Sowohl für die Klonierung, als auch für die Messung des Expressionsniveaus, ist es notwendig die codierende Nukleinsäuresequenz dieses Proteins zu kennen, um so entsprechende Primer abzuleiten zu können. Nach Recherche der einschlägigen Datenbanken (Farrp <http://www.allergenonline.com/>, Protall <http://www.ifr.bbsrc.ac.uk/protall/> und dem *National Center for Biotechnology Information* <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) konnten cDNA-Sequenzen von 7 CM3-Untereinheiten aus verschiedenen Weich- und Hartweizensorten sowie aus Gerste identifiziert werden (Tab. 2), welche eine hohe Homologie zeigen.

**Tabelle 2. cDNA-Sequenzen von 7 CM3 Untereinheiten aus verschiedenen Weich- und Hartweizensorten sowie aus Gerste.**

Akzessionsnummer NCBI	Art	Sorte
HVU47640	<i>Hordeum vulgare</i>	NK 1558
X69911	<i>Hordeum vulgare</i>	NK 1558
X69939	<i>Hordeum vulgare</i>	Sundance
X61032	<i>Triticum durum</i>	Agate
AY465898	<i>Triticum durum</i>	PDW-279
AY436554	<i>Triticum aestivum</i>	UP2425
X17574	<i>Triticum aestivum</i>	Chinese Spring

Die Gerstensequenzen zeigen Einzelnukleotidaustausche, welche zum Austausch von Aminosäuren führen. In den analysierten Weizenssequenzen lassen sich in den untersuchten drei Sorten keine Sequenzabweichungen feststellen (Abb. 4). Es ist allerdings nicht anzunehmen, dass dieses Fehlen von allelischer Diversität auf das gesamte zu untersuchende Sortiment zutrifft. Vielmehr ist davon auszugehen, analog zur Gerste, auch hier Punktmutation aufzufinden. Vor allem bei Weizenurformen und den untersuchten Akzessionen mit abweichender Allergentität sind Sequenzunterschiede zu erwarten. Basierend auf den bisher bekannten Sequenzen können jedoch bereits die nötigen Primer zur Klonierung der CM3-Untereinheit der zu analysierenden Sorten und für die Real time PCR-Analysen abgeleitet werden.





Abb. 5. Organisation der mRNA der CM3 Untereinheit des tetrameren alpha-Amylase-Inhibitors des Weizens und die Position der Klonierungsprimer

Der Leserahmen dieses reifen Proteins umfasst 428 bp. Da die genomische Organisation (Intron-Exon-Struktur) des Gens bekannt ist und keine Introns vorhanden sind, wird angestrebt Fragmente mit einer Größe von maximal 600 bp zu erhalten, da diese mit einer doppelsträngigen Sequenzierung in jeweils einer Sequenzierreaktion exakt erfasst werden können. Abbildung 5 zeigt die Lage optimaler Klonierungsprimer auf der schematischen Darstellung der mRNA der CM3-Untereinheit.

Die auf diese Weise gewonnenen Sequenzdaten werden mit den bereits in Datenbanken (NCBI) bekannten mRNA-Sequenzen verglichen und die entsprechende Proteinsequenz ermittelt. Mittels dieses Sequenzvergleichs der kodierten Proteine kann gezeigt werden, inwieweit die im Testsortiment auf DNA-Ebene vorhandene allelische Diversität zu Abweichungen in den Proteinsequenzen führt. Im Falle der zu untersuchenden Genbank-Akzessionen, bei denen schon Hinweise auf eine abweichende Allergenität bestehen, kann analysiert werden, inwieweit diese mit bestimmten Proteinvarianten assoziiert sind.

#### 4.2.4 Relative Quantifizierung durch Real Time PCR

Mittels Realtime PCR werden die im Testsortiment vorhandenen Sorten im Hinblick auf Expressionsunterschiede analysiert. Die Real time PCR ist eine PCR-Methode, die auf dem Prinzip der konventionellen PCR beruht und zusätzlich die Möglichkeit der Quantifizierung der als Template eingesetzten Zielsequenz bietet. Die Quantifizierung wird durch Fluoreszenz-Messungen am Ende jedes PCR-Zyklus durchgeführt und unterscheidet sich somit von Endpunktanalysen (z. B. Kompetitive RT-PCR). Die Fluoreszenz nimmt proportional mit der Menge der PCR-Produkte zu, was eine Quantifizierung des verwendeten Zieltemplates ermöglicht. Für das Projekt ist eine spezifische sogenannte TaqMan<sup>®</sup>-Sonde zu entwickeln, welche eine sehr exakte Quantifizierung im Hochdurchsatz ermöglicht.

Entscheidend beim Vergleich des Expressionsniveaus unterschiedlicher Sorten ist die Kenntnis über den zeitlichen und räumlichen Verlauf der Expression. Anhaltspunkte liefern hier Expressionsdaten des hoch homologen Klons der Gerste CMd, der eine maximale Expression 18 Tage nach Bestäubung im Endosperm zeigt (27).

Weiterhin ist es zur Feststellung der Expressionsunterschiede der CM3-Untereinheit des tetrameren alpha-Amylase-Inhibitors zwischen den zu evaluierenden Sorten notwendig einen internen Standard zu definieren, der die eingesetzte cDNA-Menge repräsentiert und die Reaktion normalisiert. Hier besteht in der Forschung zunehmend die Tendenz, die ribosomale 18S-RNA als internen Standard zu verwenden, da ihr Vorhandensein weitgehend unabhängig von Expressionsänderungen ist. Für die 18S-rRNA des Weizens sind bereits Primer für Real time PCR-Analysen bekannt (41). Schließlich wird mit diesem Vorgehen über die sogenannte  $\Delta\Delta Ct$ -Methode (vergleichende threshold cycle-Methode) die relative Aktivierung bzw. Reprimierung des Transkripts der CM3 Untereinheit gegenüber einem definierten Expressionszustand (Kalibrator) berechnet.

#### 4.2.5 Immunologische Analyse von selektierten Sorten bzw. Proteinvarianten

Sorten, die ein erhöhtes bzw. erniedrigtes Expressionsniveau von CM3-Untereinheiten aufweisen bzw. Sorten, die Sequenzen für distinkte Proteinvarianten besitzen, müssen zum Nachweis einer veränderten Allergenität einer immunologischen Analyse unterzogen werden. D. h. die entsprechenden Proteinfractionen werden isoliert und in Kooperation mit immunologisch arbeitenden Forschungseinrichtungen im Hinblick auf ihre Allergenität überprüft. Ebenso könnten als relevant identifizierte cDNAs rekombinant exprimiert werden, um die codierten Proteine ebenfalls bezüglich ihrer allergenen bzw. IgE-bindenden Eigenschaften zu charakterisieren. Zur rekombinanten Expression der Allergene können heute pflanzliche Expressionssysteme genutzt werden, die eine gute Alternative zu den bisherigen, auf Fermentation basierenden Bakterien- und Hefesystemen darstellen. Dort auftretende Komplikationen, wie fehlende Glykosylierung, inkorrekte Proteinfaltung und geringe Löslichkeit, können so vermieden und naturidentische Allergene kostengünstig und schnell produziert werden, z. B. unter Verwendung eines rekombinanten Tabak Mosaik Virus (6).

#### 4.2.6 Überprüfung des Pathogenabwehrverhaltens

Da alpha-Amylase Inhibitoren prinzipiell der Abwehr fressender Insekten dienen, ist es unerlässlich Genotypen mit unterschiedlichen Proteinvarianten bzw. unterschiedlicher Expressionshöhe im Hinblick eine veränderte Anfälligkeit gegenüber Insekten zu analysieren. Zu diesem Zweck werden divergierende Genotypen im Feldanbau hinsichtlich des Befalls mit Weizengallmücken (*Cecidomyiidae*) evaluiert und der Einfluss auf die Wachstums- und Reproduktionsraten von Vorratsschädlingen geprüft.

## 5 Schlussfolgerungen

Pflanzliche Lebensmittel können, wie auch Lebensmittel tierischer Herkunft, zu Lebensmittelallergien führen. Die vorliegende Literaturstudie kommt zu dem Ergebnis, dass Strategien zur Verminderung des Allergierisikos an der Pflanze selbst ansetzen können. Hierzu geben Methoden der modernen Züchtungsforschung das notwendige Instrumentarium, allergenarme Varietäten zu identifizieren. Für die Kulturarten Weizen, Gerste, Mais, Raps, Erbsen, Bohne und Kartoffel kann auf die spezifischen Substanzklassen verwiesen werden, die an der Auslösung der mit Allergien verbundenen Symptome beteiligt sind. Vor dem Hintergrund der mit den jeweiligen Funktionen dieser Stoffe (z. B. als Speicher- oder Abwehrproteine), verbundenen Rolle im pflanzlichen Organismus, lassen sich mögliche Strategien für deren Erfassung und Beeinflussungen ableiten. Damit wird die Grundlage geschaffen durch Pflanzenzüchtung bei der Produktion von Allergenen in Kulturpflanzen selbst anzusetzen und so die Entstehung von pflanzlichen Allergenen zu verhindern bzw. zu reduzieren. Durch dieses Vorgehen kann ein wesentlicher Beitrag zur Minimierung des allergischen Potenzials der entsprechenden pflanzlichen Produkte geleistet werden.

Vor dem Hintergrund des aktuellen Standes der Pflanzenforschung und -züchtung bedeutet dies, dass allergene Komponenten des pflanzlichen Stoffwechsels nicht als gegeben hingenommen werden müssen. Vielmehr existieren Ansatzpunkte für eine Reduktion von unerwünschten Komponenten in pflanzlichen Produkten durch züchterische und biotechnologische Maßnahmen. Hierbei müssen allerdings die unterschiedlichen Funktionen der Allergie auslösenden Proteine in der Pflanze entsprechend ihrer Notwendig für das Überleben bzw. für die Vitalität der Pflanze berücksichtigt werden. Ein gutes Beispiel für eine züchterische Elimination von unerwünschten Stoffwechselkomponenten ist der 00-Raps. Hier wurde durch die Identifikation von Mutanten und deren anschließender Nutzung



in der konventionellen Rapszüchtung der Erucasäure- und Glucosinolatgehalt soweit gesenkt, dass Rapsöl heute ein für die menschliche Ernährung sehr hochwertiges und gesundheitsförderndes Lebensmittel darstellt. Analog ist die Veränderung des allergenen Potenzials von Kulturpflanzen denkbar. Ein primäres Problem bei der Züchtung allergenarmer Sorten ist prinzipiell Genotypen bezüglich ihres Allergengehalts im Zuchtgang zu phänotypisieren, jedoch stehen für diese Zwecke heute effektive auf der Quantifizierung von Nukleinsäuren bzw. der Erfassung von Nukleinsäureunterschieden basierende Verfahren zur Verfügung.

Für das konkrete Beispiel des Weizens lässt sich festhalten, dass Allergien sowohl von qualitätsbildenden Komponenten wie Speicherproteinen als auch von Abwehrproteinen ausgelöst werden. Anders als bei Proteinen des primären Stoffwechsels ist hier eine züchterische Reduktion denkbar, da diese Proteine nicht obligat für das Überleben sind. Bei den allergenen Abwehrproteinen des Weizens spielt der alpha-Amylase-Inhibitor eine herausragende Rolle. Dieses Protein verhindert den Stärkeverbau durch fressende Insekten. Durch die Lokalisation des Abwehrproteins im Endosperm des Korns ist es für das Abwehrverhalten der Pflanzen auf dem Feld in unseren Breiten kaum relevant. Die Identifizierung von Genotypen mit niedrigem Expressionsniveau bzw. weniger allergenen Proteinvarianten kann daher Ausgangspunkt für die Züchtung allergenarmer bzw. -freier Sorten sein, welche durch die Etablierung markergestützter Selektionsverfahren weiter beschleunigt werden kann.

Langfristig ist sicherlich eine komplette Eliminierung der allergenen Proteine anzustreben, um Allergikern direkt eine Ernährungsalternative bieten zu können. Aber auch eine Reduzierung von allergenen Komponenten in pflanzlichen Lebensmitteln hätte einen langfristigen Vorteil für die Gesundheit der Bevölkerung, da hier davon auszugehen ist, dass weniger Menschen sensibilisiert würden und das Auftreten von Allergien so reduziert werden könnte.

### Zusammenfassung

Lebensmittelallergien werden häufig durch pflanzliche Produkte hervorgerufen. Inwieweit es möglich ist, pflanzliche Allergene durch züchterische Maßnahmen und biotechnologische Methoden zu reduzieren, ist Gegenstand dieses Beitrages. Allergene sind, wie in fast allen Nutzpflanzen, auch in ackerbaulichen Kulturen zu finden. In aller Regel handelt es sich bei pflanzlichen Allergenen um Proteine. Mittels Sequenzanalysen lassen sich diese allergenen Proteine in wenige übergeordnete Genfamilien eingruppiert. Für die Anforderungen der Züchtung ist es sinnvoll, allergene Proteine bezüglich ihrer Funktion in der Pflanze einzuordnen, um entscheiden zu können, ob eine züchterische bzw. biotechnologische Reduzierung ohne nennenswerte Ertrags- oder Qualitätseinbußen prinzipiell möglich ist.

Bei Typ-I-Allergien gegen Weizenproteine, wie dem Bäckerasthma und anderen allergischen Reaktionen, spielen alpha-Amylase-Inhibitoren eine herausragende Rolle. Im Rahmen dieses Beitrages wird eine Strategie zur züchterischen Reduktion des durch alpha-Amylase-Inhibitoren bedingten allergenen Potenzials des Weizens vorgestellt, welche auf der Erfassung der allelischen Diversität und des Expressionsniveaus in einem Weizenstestsortiment gefolgt von immunologischen Untersuchungen und der Entwicklung molekularer Marker basiert.

### Summary

#### *Chances and limits of influencing the allergenic potential of crop plants by plant breeding*

Food allergies are frequently caused by crops. This report discusses how allergenic components in plants can be reduced by breeding and biotechnological methods. Allergens are in general proteins and are present in many commercially important crop plants. Via sequence analyses it is possible to divide these proteins into a few main gene families. However, for breeding purposes it is meaningful to classify plant allergens according to their function. Based on this functional classification breeders can decide if a reduction of specific allergens will cause yield losses or reduce quality. Type I allergies to wheat flour, such as baker's asthma and other allergies to wheat proteins, are mainly caused

by alpha amylase inhibitors. This paper proposes a breeding strategy for reducing the allergenic potential caused by the wheat alpha amylase inhibitors. To achieve this aim, the allelic diversity and expression level in different wheat genotypes has to be determined; this is then followed by immunological investigations and the development of molecular markers.

## Résumé

### *Influencer le potentiel allergène de plantes cultivées par la sélection de plantes : possibilités et limites*

Les allergies alimentaires sont très souvent causées par des produits végétaux. Ce rapport examine la question à savoir jusqu'à quel point il est possible de réduire les allergènes végétaux par des mesures de sélection de plantes et des procédures biotechnologiques. Les allergènes se trouvent dans quasiment toutes les plantes utiles et donc aussi dans les cultures labourées. Dans la plupart des cas, il s'agit de protéines. Grâce à des analyses séquentielles, ces protéines allergènes peuvent être groupées dans des familles de gène supérieures. En vue de la sélection des plantes il est utile de classer les protéines allergènes selon leur fonction dans la plante afin de pouvoir décider si une réduction par les méthodes de la sélection ou de la biotechnologie est réalisable sans pertes de rendement ou de qualité considérables.

En ce qui concerne les allergies du type I aux protéines de blé telles que l'asthme du boulanger et autres réactions allergiques les inhibiteurs de l'alpha-amylase jouent un rôle important. Dans le cadre de ce rapport, une stratégie pour la réduction du potentiel allergène du blé dû aux inhibiteurs de l'alpha-amylase par les moyens de la sélection est proposée. A ce but, dans un assortiment de blé la diversité allélique et le niveau d'expression sont déterminés suivis par quelques examens immunologiques et le développement de marqueurs moléculaires.

## Literatur

1. ALENUS, H.; KALKKINEN, N.; LUKKA, M.; REUNALA, T.; TURJANMAA, K.; MÄKINEN-KILJUNEN, S., 1995: Prohevein from the rubber tree (*Hevea brasiliensis*) is a major latex allergen. *Clin Exp Allergy* 25, S. 659–65.
2. ANDRÉ, F.; ANDRÉ, C.; COLIN, L.; CACATACI, F.; CAVAGNA, S., 1994: Role of new allergens and of allergen consumption in the increased incidence of food sensitizations in France. *Toxicology* 93, S. 77–83.
3. AULEPP, H.; VIETHS, S., 1992: Probleme der Nahrungsmittelallergie. *Dtsch. Lebensm. Rundsch.* 88, S. 171–179.
4. BOL, J. F.; BUCHEL, A. S.; KNOESTER, M.; BALADIN, T.; VAN LOON, L. C.; LINTHORST, H. J. M., 1996: Regulation of the expression of plant defence genes. *Plant Growth Regul.* 18, S. 87–91.
5. BREITENEDER, H., 2002: Molecular and biochemical classification of plant-derived food allergens. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 106 S. 27–36.
6. –; KREBITZ, M.; WIEDERMANN, U.; WAGNER, B.; ESSL, D.; STEINKELLNER, H.; RUPEN, T. H.; EBNER, C.; BUCK, D.; NIGGEMANN, B.; SCHEINER, O., 2002: Rapid production of recombinant allergens in *Nicotiana benthamiana* and their impact on diagnosis and therapy. *Int. Arch. Allergy Immunol.* 1254, S. 48–50.
7. –; PETTENBURGER, K.; BITO, A.; VALENTA, R.; KRAFT, D.; RUMPOLD, H., 1998: The gene coding for the major birch pollen allergen Betv1, is highly homologous to a pea disease resistance response gene. *EMBO J.* 8, S. 1935–1938.
8. BURCH-SMITH, T. M.; ANDERSON, J. C.; MARTIN, G. B.; DINESH-KUMAR, S. P., 2004: Applications and advantages of virus-induced gene silencing for gene function studies in plants. *Plant J.* 39, S. 734–746.
9. GAO, Z. S.; VAN DE WEG, W. E.; SCHAART, J. G.; SCHOUTEN, H. J.; TRAN, D. H.; KODDE, L. P.; VAN DER MEER, I. M.; VAN DER GEEST, A. H. M.; KODDE, J.; BREITENEDER, H.; HOFFMANN-SOMMERGRUBER, K.; BOSCH, D.; GILISSEN, L. J. W. J., 2005: Genomic cloning and linkage mapping of the Mal d 1 (PR-10) gene family in apple (*Malus domestica*). *TAG* 111, S. 171–83.
10. –; –; VAN ARKEL, G.; BREITENEDER, H.; HOFFMANN-SOMMERGRUBER, K.; GILISSEN, L. J. W. J., 2005: Genomic characterization and linkage mapping of the apple allergen genes Mal d 2 (thaumatin-like protein) and Mal d 4 (profilin). *TAG* 111, S. 1087–1097.
11. –; –; VAN DER MEER, I. M.; KODDE, L.; LAIMER, M.; BREITENEDER, H.; HOFFMANN-SOMMERGRUBER, K.; GILISSEN, L. J. W. J., 2005: Linkage map positions and allelic diversity of two Mal d 3 (non-specific lipid transfer protein) genes in the cultivated apple (*Malus domestica*). *TAG* 110, S. 479–491.
12. GARCIA-MAROTO, F.; MARAFIA, C.; MENA, M.; GARCIA-OLMEDO, F.; CARBONERO, P., 1990: Cloning of cDNA and chromosomal location of genes encoding the three types of subunits of the wheat tetrameric inhibitor of insect  $\alpha$ -amylase. *Plant Mol. Biol.* 14, S. 845–853.

13. GARCIA-OLRNEDO, F.; CARBONERO, P.; JONES, B. L., 1982: Chromosomal locations of genes that control wheat endosperm proteins. In: POMERANZ, Y. (Herausgeber) *Advances in Cereal Science and Technology* 5, S. 1–47. American Association of Cereal Chemists, St Paul, MN, USA.
14. GAUTIER, M. F.; ALARY, R.; JOUDRIER, P., 1990: Cloning and characterization of a cDNA encoding the wheat (*Triticum durum* Desf.) CM16 protein. *Plant Mol. Biol.* 14, S. 313–322.
15. GOMEZ., L.; SANCHEZ-MONGE, R.; GARCIA-OLMEDO, F.; SALCEDO, G., 1989: Wheat tetrameric inhibitors of insect  $\alpha$ -amylase: allopolyploid heterosis at the molecular level. *Proc Natl Acad Sci USA* 86, S. 3242–3246.
16. GOSSELE, V. V.; FACHE, I. I.; MEULEWAETER, F.; CORNELISSEN, M.; METZLAFF, M., 2002: SVISS – a novel transient gene silencing system for gene function discovery and validation in tobacco. *Plant J.* 32, S. 859–866.
17. GRAHAM, L. S.; STICKLEN, M. B., 1994: Plant chitinases. *Can. J. Bot.* 1994: 72: 1057–83.
18. HISCHENHUBER, C.; CREVEL, R.; JARRY, B.; AUML, M.; KI, M.; MONERET-VAUTRIN D. A.; ROMANO, A.; TRONCONER, R.; WARD, R., 2006: Review article: safe amounts of gluten for patients with wheat allergy or coeliac disease. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics* 23, S. 559–575.
19. HOLGATE, S. T.; CHURCH, M. K.; LICHTENSTEIN, L. M., 2001: *Allergy*, 2. Auflage, St Louis: Mosby, USA.
20. HSIEH, L. S.; MOOS, M.; LIN, Y., 1995: Characterization of apple 18 and 31 kd allergens by microsequencing and evaluation of their content during storage and ripening. *J. Allergy Clin. Immunol.* 96, S. 960–970.
21. KLAHRE, U.; CRETE, P.; LEUENBERGER, S. A.; IGLESIAS, V. A.; MEINS, F., 2002 High molecular weight RNAs and small interfering RNAs induce systemic posttranscriptional gene silencing in plants. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 99, S. 11981–11986.
22. KUMAGAI, M. H.; DONSON, J.; DELLA-CIOPPA, G.; HARVEY, D.; HANLEY K.; GRILL, L. K., 1995: Cytoplasmic inhibition of carotenoid biosynthesis with virus-derived RNA. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 92. S.1679–1683.
23. KUSABA-NAKAYAMA, M.; KI, M.; IWAMOTO, M.; SHIBATA, R.; SATO, M.; IMAZUMI, K., 2000: CM3, one of the wheat  $\alpha$ -amylase inhibitor subunits, and binding of IgE in sera from Japanese with atopic dermatitis related to wheat. *Food Chem. Toxicol.* 28 S. 179–185.
24. LORENZ, Y.; ENRIQUE, E.; LEQUYNH, L.; FÖTISCH, K.; RETZEK, M.; BIEMELT, S.; SONNEWALD, U.; VIETHS, S.; SCHEURER, S., 2006: Skin prick tests reveal stable and heritable reduction of allergenic potency of gene-silenced tomato fruits. *J. Allergy Clin. Immunol.* 118, S. 711–718.
25. MANSOOR, S.; AMIN, I.; HUSSAIN, M.; ZAFAR, Y.; BRIDDON, R. W., 2006: Engineering novel traits in plants through RNA interference. *Trends in Plant Science* 11, S. 559–565
26. MCKINNEY, H. H., 1929: Mosaic diseases of the Canary Islands, West Africa and Gibraltar. *J. Agric. Res.* 39 S. 557–578.
27. MEDINA, J.; HUEROS, G.; CARBONERO, P., 1993: Cloning of cDNA, expression, and chromosomal location of genes encoding the three types of subunits of the barley tetrameric inhibitor of insect  $\alpha$ -amylase. *Plant Mol. Biol.* 23 S. 535–542.
28. MICHAEL, A. J., 1996: A cDNA from pea petals with sequence similarity to pollen allergen, cytokinin-induced and genetic tumour-specific genes: identification of a new family of related sequences. *Plant Mol. Biol.* 30 S. 219–224.
29. MILLS, E. N.; JENKINS, J. A.; ALCOCER, M. J.; SHEWRY, P. R., 2004: Structural, biological, and evolutionary relationships of plant food allergens. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 44, S. 379–407.
30. MONERET-VAUTRIN, D. A.; KANNY, G., 1995: Food-induced anaphylaxis. A new french multicenter survey. *Ann Gastroenterol Hepatol (Paris)* 31 S. 256–263.
31. NAKAMURA, A.; TANABE, S.; WATANABE, J.; MAKINO, T., 2005: Primary screening of relatively less allergenic wheat varieties. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* 51 S. 204–206.
32. PASTORELLO, E. A.; FARIOLI, L.; CONTI, A.; PRAVETTONI, V.; BONOMI, S.; IAMETTI, S.; FORTUNATO, D.; SCIBILIA, J.; BINDSLEV-JENSEN, C.; BALLMER-WEBER, B.; ROBINO, A. M.; ORTOLANI, C., 2007: Wheat IgE-Mediated Food Allergy in European Patients: -Amylase Inhibitors, Lipid Transfer Proteins and Low-Molecular-Weight Glutenins. *Int Arch Allergy Immunol* 2007; 144 S. 10–22.
33. PASTORELLO, E. A.; FARIOLI, L.; PRAVETTONI, V.; ORTOLANI, C.; ISPANO M.; MONZA, M., 1999: The major allergen of peach (*Prunus persica*) is a lipid transfer protein. *J Allergy. Clin. Immunol.* 103 S. 520–526.
34. POMS, R. E.; KLEIN, C. L.; ANKLAM, E., 2004: Methods for allergen analysis in food: a review. *Food Additives & Contaminants* 21 S. 1–31.
35. RASMUSSEN, S. K.; JOHANSSON, A., 1992: Nucleotide sequence of a cDNA coding for the barley seed protein: an inhibitor of insect  $\alpha$ -amylase. *Plant Mol. Biol.* 18, S. 423–427.
36. RATCLIFF, F.; MARTIN-HERNANDEZ A. M.; BAULCOMBE, D. C., 2001: Tobacco rattle virus as a vector for analysis of gene function by silencing. *Plant J.* 25, S. 237–245.

37. RING, J., 1989: Nahrungsmittelallergien und andere nahrungsmittelbedingte Unverträglichkeitsreaktionen. *Akt. Ernährung* 14, S. 49–56.
38. SALOGA, J.; KLIMEK, L.; BUHL, R.; MANN, W.; KNOP, J., 2005: *Allergologie-Handbuch. Grundlagen und klinische Praxis*. Verlag Schattauer, F. K., Deutschland, 1. Auflage.
39. SCHLÜTER, K.; JOCKUSCH, B. M.; ROTHKEGEL, M., 1997: Profilins as regulators of actin dynamics. *Biochim. Biophys. Acta* 1359, S. 97–109.
40. SCHUTT, C. E.; MYSLIK, J. C.; ROZYCKI, M. D.; GOONESEKERE, N. C. W.; LINDBERG, U., 1993: The structure of crystalline profilin-b-actin. *Nature* 365 S. 810–816.
41. SCOFIELD, S. R.; HUANG, L.; BRANDT, A. S.; GILL, B. S., 2005: Development of a virus-induced gene-silencing system for hexaploid wheat and its use in functional analysis of the Lr21-mediated leaf rust resistance pathway. *Plant Physiol.* 138; S. 2165–2173.
42. SHEWRY, P. R.; BEAUDOIN, F.; JENKINS, J.; GRIFFITHS-JONES, S.; MILLS, E. N., 2002: Plant protein families and their relationships to food allergy. *Biochem. Soc. Trans.* 30 S. 906–910.
43. SIMONATO, B.; PASINI, G.; GIANNATTASIO, M.; CURIONI, A., 2002: Allergenic potential of Kamut wheat. *Allergy* 57 S. 653–654.
44. TENLLADO, F.; MARTINEZ-GARCIA, B.; VARGAS, M.; DÍAZ-RUIZ, J. R., 2003: Crude extracts of bacterially expressed dsRNA can be used to protect plants against virus infections. *BMC Biotechnol.* 3, S. 3.
45. THISTERMAN, M.; KETTING, R. F.; PLASTERK, R. H. A., 2002: The genetics of RNA silencing. *Annu. Rev. Genet.* 36, S. 489–519.
46. TORIYAMA, K.; OKADA, T.; WATANABE, M.; IDE, T.; ASHIDA, T.; XU, H.; SINGH, M. B., 1995: A cDNA clone encoding an IgE-binding protein from Brassica anther has significant sequence similarity to Ca(2+)-binding proteins. *Plant Mol. Biol.* 29 S. 1157–1165.
47. TURCICH, M. P.; HAMILTON, D. A.; MASCARENHAS, J. P., 1993: Isolation and characterization of pollen-specific maize genes with sequence homology to ragweed allergens and pectate lyases. *Plant Mol. Biol.* 23, S. 1061–1065.
48. TURNAGE, M. A.; MUANGSAN, N.; PEELE, C. G.; ROBERTSON, D., 2002: Geminivirus-based vectors for gene silencing in Arabidopsis. *Plant J.* 30, S. 107–117.
49. VAN LOON, L. C.; PIERPOINT, W. S.; BOLLER, T.; CONEJERO, V., (1994) Recommendations for naming plant pathogenesis-related proteins. *Plant Mol. Biol. Rep.* 12, S 245–264.
50. VAN LOON, L. C.; VAN STRIEN, E. A., 1999: The families of pathogenesis-related proteins, their activities, and comparative analysis of PR-1 types proteins. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 55, S. 85–97.
51. VAUCHERET, H.; BECLIN, C.; FAGARD, M., 2001: Post-transcriptional gene silencing in plants. *J. Cell Sci.* 114, S. 3083–3091.
52. WILLERROIDER, M.; FUCHS, H.; BALLMER-WEBER, B.; FOCKE, M.; SUSANI, M.; THALHAMER, J.; FERREIRA, F.; WUETHRICH, B.; SCHEINER, O.; BREITENEDER, H.; HOFFMAN-SOMMERGRUBER, K., 2003: Cloning and molecular and immunological characterisation of two new food allergens, Cap a 2 and Lyc e 1, profilins from bell pepper (*Capsicum annuum*) and Tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Int. Arch. Allergy Immunol.* 131, S. 245–255.

*Autorenanschrift:* Dr. MARC ZAHN und Dr. FRANK ORDON, Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen (JKI), Institut für Resistenzforschung und Stresstoleranz, Erwin-Baur-Str. 27, 06484 Quedlinburg, Deutschland  
 zahn@pflern.uni-hannover.de  
 f.ordon@bafz.de

# **Auskreuzungsstudien bei Mais: Überblick, Bewertung, Forschungsbedarf**

Von MAREN LANGHOF und GERHARD RÜHL, Braunschweig

## **1 Einleitung**

Weltweit ist der wachsende Trend zum Anbau gentechnisch veränderter (gv) Pflanzen ungebrochen und erreichte im Jahr 2006 erstmals eine Gesamtfläche von mehr als 100 Millionen Hektar (33). Dies stellt gegenüber dem Vorjahr eine Steigerung um 13 % dar. Als gentechnisch veränderte Kulturarten dominieren Soja, Mais, Baumwolle und Raps. Verbreitetste gentechnische Veränderungen sind Herbizid- und Insektenresistenz.

Auch in der Europäischen Union (EU) nimmt der Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen zu, sieht man von dem Ausstieg Rumäniens aus dem gv-Sojaanbau nach dem EU-Beitritt ab. In der EU wird bislang ausschließlich Bt-Mais (MON 810) angebaut. Allerdings steht die Zulassung einer hinsichtlich der Stärkequalität gentechnisch veränderten Kartoffelsorte kurz bevor. Im Jahr 2006 betrug die Gesamtanbaufläche der Bt-Maissorten insgesamt 62 000 ha und somit etwa 1 % der Maisanbaufläche der EU. Angebaut wurde in Spanien, Frankreich, Tschechien, Portugal und Deutschland. Im Jahr 2007 stieg die mit Bt-Mais bewirtschaftete Fläche in diesen Ländern auf insgesamt etwa 110 000 ha mit Spanien als Haupterzeuger (75 000 ha), gefolgt von Frankreich mit ca. 20 000 ha sowie Tschechien, Portugal und Deutschland mit jeweils 5000, 3000 bzw. 2685 ha. In Deutschland wird Bt-Mais seit 2005 angebaut, die Anbaufläche betrug im ersten Anbaujahr 342 ha und stieg im Jahr 2006 auf 947 ha (10).

Den Anbau gentechnisch veränderter Kulturarten in der EU regelt die EU-Freisetzungsrichtlinie 2001/18/EG, die seit April 2004 in allen EU-Staaten rechtsverbindlich ist. Zusätzlich wird durch die Verordnung (EG) 1830/2003 die Rückverfolgbarkeit und Kennzeichnung von gentechnisch veränderten Organismen (GVO) auf allen Stufen des Inverkehrbringens sowie die Möglichkeit der Festsetzung von Schwellenwerten geregelt. Die Umsetzung dieser rechtlichen Regelungen in Deutschland stellt das Gentechnikgesetz dar.

Als Kennzeichnungsschwellenwert für gentechnisch veränderte Lebens- und Futtermittel wurde ein gv-Anteil von 0,9 % festgelegt. Dieser Schwellenwert besagt, dass ein Produkt als gentechnisch verändert deklariert werden muss, wenn der gv-Anteil oberhalb von 0,9 % liegt. Unterhalb dieses Werts kann allerdings nur dann auf eine Kennzeichnung verzichtet werden, wenn der gv-Anteil zufällig und technisch unvermeidbar ist. Ein entsprechender Schwellenwert für Saatgut ist in der EU bisher nicht festgelegt worden.

Durch die Richtlinie 2001/18/EG wird außerdem explizit die Koexistenz der unterschiedlichen Bewirtschaftungsweisen (ökologisch, konventionell und unter Verwendung von gv-Sorten) gefordert. Dazu hat die EU-Kommission am 23.07.2003 Leitlinien herausgegeben, auf deren Grundlage die Mitgliedstaaten die Umsetzung in nationales Recht durchzuführen haben. In Deutschland findet diese Umsetzung durch die Aufnahme verbindlicher Regeln der Guten Fachlichen Praxis des Bt-Maisanbaus im Rahmen der bevorstehenden Novellierung des Gentechnikgesetzes statt. Darin sollen z. B. auf der Basis der begrenzt verfügbaren Literatur und erster Ergebnisse des seit 2005 laufenden „Forschungsprogramms des BMELV zur Sicherung der Koexistenz“ verbindliche Mindestab-

stände für Bt-Maisschläge in Nachbarschaft zu konventionellen Maisfeldern sowie ökologischer Maisproduktion festgelegt werden. Zurzeit werden 150 bzw. 300 m erwogen.

Koexistenz bedeutet in diesem Zusammenhang, dass gv-nutzende, konventionelle und ökologische Pflanzenerzeugung nebeneinander praktiziert werden können, ohne sich gegenseitig negativ zu beeinflussen. Von besonderer Bedeutung ist dabei, dass in ökologischem und konventionellem Erntegut der gv-Anteil unterhalb des Kennzeichnungsschwellenwertes von 0,9 % liegt. Ein solcher unerwünschter gv-Anteil in einer konventionell oder ökologisch produzierten Maiserntepartie kann seinen Ursprung an verschiedenen Stellen des Produktionsablaufs haben, z. B. infolge einer Saatgutverunreinigung sowie des Verbleibs von gv-Saatgut in Drillmaschinen, Mähdreschern, Transport- und Lagerbehältern (52). Eine der wichtigsten Quellen stellt allerdings die Befruchtung des nicht gentechnisch veränderten (ngv)-Mais mit gv-Pollen (Auskreuzung) aus benachbarten gv-Maisbeständen dar. Somit ist die Sicherstellung der Koexistenz im Maisanbau eng mit der Minimierung der Auskreuzung verbunden.

Ziel dieses Reviews ist es, auf der Grundlage der verfügbaren Literatur mögliche Maßnahmen zur Reduktion der Auskreuzung von gv-Mais, einer Hauptkomponente zur Sicherstellung der Koexistenz beim Maisanbau, zu identifizieren und zu bewerten sowie notwendigen Forschungsbedarf abzuleiten. Dazu werden die bisher verfügbaren Arbeiten zur Auskreuzung von Mais kategorisiert, die relevanten Inhalte der Studien beschrieben und bezüglich ihrer Bedeutung für die Koexistenz diskutiert. In diesem Artikel wird dabei prinzipiell der Begriff „Auskreuzung“ verwendet und nicht zwischen „Auskreuzung“ (aus dem gv-Feld) und „Einkreuzung“ (in das ngv-Feld) unterschieden. Studien zu Pollenflug und -deposition werden in diesem Review nicht behandelt. Der bloße Nachweis des Polleneintrags in ein Feld hinein ist nicht geeignet, Auskreuzungsereignisse abzuleiten, da diese neben der Verfügbarkeit und Fitness von (lebendem) Pollen u. a. von klimatischen Bedingungen, Befruchtungsfähigen weiblichen Blütenständen und der Menge des vorhandenen lokalen Pollens (Pollenkonkurrenz) abhängen.

### 1.1 Artspezifische Besonderheiten von Mais

Mais ist eine einjährige Kulturart. Der Blütenstand des Mais ist einhäusig getrennt geschlechtlich (monözisch diklin). In der Literatur wird der Mais als ursprünglich protandrisch beschrieben; d. h., die männliche Blüte entwickelt sich vor der weiblichen mit lediglich kurzer Überschneidungsphase. Durch die züchterische Bearbeitung ist die Protandrie in aktuellen Hybridsorten nicht mehr vorhanden, männliche und weibliche Blüten entwickeln sich also nahezu synchron.

Mais ist vorwiegend Fremdbefruchter. Der Anteil der Selbstbefruchtung variiert zwischen 1 und 15 % (31). Maispollen wird hauptsächlich durch Wind verbreitet. Aufgrund seiner morphologischen Eigenschaften (verhältnismäßig groß und schwer) besitzt er aber eine eingeschränkte Flugfähigkeit. Die Lebensdauer von Maispollen hängt stark von den klimatischen Bedingungen, insbesondere Temperatur und Luftfeuchte, ab (20) und kann wenige Minuten bis mehrere Stunden betragen (30).

Mais besitzt in Europa keine natürlichen Kreuzungspartner (45). Er etabliert sich außerdem wegen der hohen Ansprüche an die Keimtemperatur und der fehlenden Frosthärte nicht auf Ruderalstandorten. Durchwuchs tritt bei Mais nur in äußerst geringem Umfang nach milden Wintern auf; dies konnte z. B. im Jahr 2007 im gesamten Bundesgebiet auf Maisschlägen des Vorjahres beobachtet werden. Durchwuchs kann in Mais-Monokulturen problematisch sein, wenn z. B. von gv- auf ngv-Mais umgestellt werden soll. Im Rahmen einer Fruchtfolge ist das jedoch auf einfache Weise zu regulieren.

## 2 Testsysteme und Versuchsfelddesigns

Studien zur Auskreuzung bei Mais sind mit unterschiedlicher Zielsetzung durchgeführt worden. Vornehmlich ältere Studien dienten der Prüfung des Ausmaßes einer Auskreuzung aus benachbarten Maisschlägen im Rahmen der Saatguterzeugung (9; 15; 27). Mangels Alternativen wurden meist unterschiedliche phänotypische Marker wie Kornform oder -farbe verwendet. Der Nachweis der Auskreuzung erfolgte dabei visuell anhand der jeweiligen Eigenschaft. In einigen Studien wurden die Empfängerschläge teilweise entfannt und damit die intraspezifische Pollenkonkurrenz ausgeschaltet (z. B. 15; 23; 26).

Der Aspekt der Koexistenz ist verhältnismäßig neu, daher sind mit dieser Zielrichtung durchgeführte Studien ausnahmslos neueren Datums (5; 8; 11; 12; 14; 16; 17; 18; 27; 37; 39; 41; 42; 43; 46; 47; 60; 61; 62). Neben den genannten phänotypischen Markern wurden und werden dabei molekulare Marker oder Testsysteme bestehend aus einer gv-Sorte und einer konventionellen Maissorte bzw. der jeweiligen isogenen Hybride eingesetzt. Als gv-Maissorte kann sowohl Bt-Mais (17; 37; 50; 53; 56; 60) als auch eine herbizidresistente Maissorte (11; 12; 62) eingesetzt werden. Der quantitative Nachweis des molekularen Markers sowie des gv-Konstrukts erfolgt dabei mittels real-time PCR. Im Falle der Herbizidresistenz kann auch ein einfacher Keimtest zum Einsatz kommen.

Die verschiedenartigen Testsysteme unterscheiden sich allerdings hinsichtlich der Zytotie des verwendeten Markers. In Testsystemen, die gv-Mais als Pollenspender nutzen, tritt das eingefügte Gen in den zurzeit in Deutschland zugelassenen Sorten lediglich hemizygot auf; es ist also nur in 50 % des ausgeschütteten Pollens vorhanden. In visuell auswertbaren Testsystemen ist das Merkmal Kornfarbe oder Kornform jedoch homozygot ausgeprägt und die entsprechende Erbinformation folglich in 100 % des Pollens enthalten. Somit sind unter identischen klimatischen Bedingungen auf einem Farbmarkersystem basierende Auskreuzungsraten höher als die anhand eines gv-Testsystems ermittelten (50).

Ein Maiskorn ist aus drei Geweben mit unterschiedlicher Herkunft (mütterlich, väterlich) und unterschiedlichem Ploidiegrad (diploider Embryo, triploides Endosperm, diploides Perikarp) zusammengesetzt. Experimentelle Laborstudien zeigten, dass die DNA- und Massenanteile dieser drei Gewebe sehr unterschiedlich sein können (48; 55). Angesichts dieser vielen Faktoren ist die Diskussion zu einem allgemeinen Umrechnungsfaktor noch nicht abgeschlossen (42).

In Deutschland wurden sowohl Farbmarker, molekulare Marker als auch gv-basierte Testsysteme eingesetzt (17; 37; 53; 60; 62). Als Farbmarker steht die weißkörnige Mais-hybride DSP 17007 (Delley Samen und Pflanzen AG) zur Verfügung, die eine für mitteleuropäische Bedingungen angepasste Entwicklung aufweist (Reifezahl 240). Diese Sorte ist allerdings nur als Pollenrezipient nutzbar, da die weiße Kornfarbe rezessiv vererbt wird. Aufgrund einer für heutige Hybridsorten untypischen Protandrie von 3 – 5 Tagen, die diese Maissorte in deutschen Feldversuchen zeigte (37), ist dieses auf der weißkörnigen Maissorte basierende Testsystem nur für bestimmte Fragestellungen im Rahmen der Koexistenz nutzbar.

Ein weiteres Testsystem, das in Deutschland genutzt wurde, basiert auf dem Sortenpaar NK Bull und NK Cool der Firma Syngenta (37). Es nutzt einen eindeutigen molekularen Marker der Sorte NK Bull, dessen Gensequenz (caffeoyl-CoA-3-O-Methyltransferase) mittels real-time PCR detektierbar ist und in der Sorte NK Cool explizit fehlt. Ergebnisse dieses Testsystems führten zu vergleichbaren Ergebnissen wie die Nutzung einer Bt-Maissorte als Pollenspender (Donor) und deren isogener Hybride als Pollenempfänger (Rezipient).

In den Studien, die sich mit der Auskreuzung bei Mais beschäftigen, wurden je nach Zielsetzung bzw. lokalen Möglichkeiten und Gegebenheiten unterschiedliche Feldversuchsanlagen verwendet. Neben sogenannten Feld-in-Feld-Anlagen findet man Feld-

an-Feld und Feld-neben-Feld-Versuche sowie die Nutzung benachbarter kommerzieller Praxisschläge (Abb. 1). Für die Bewertung einzelner Koexistenzmaßnahmen (z. B. Mindestabstand, Mantelsaat) sind außerdem die Lage des Donor- und Rezipientenschlages zueinander sowie deren Abstand voneinander bedeutsam.

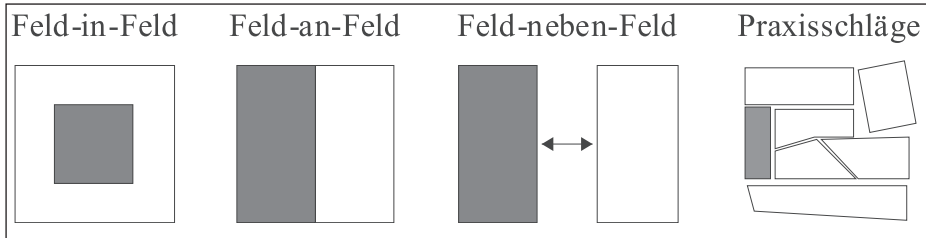


Abb. 1. Schematische Darstellung der in den Studien genutzten Versuchsanlagen: Feld-in-Feld, Feld-an-Feld, Feld-neben-Feld und Praxisschläge (grau: Donor, weiß Rezipient)

### 3 Vorgehensweise bei der Kategorisierung der Studien

Die im Folgenden tabellarisch aufgeführten Studien zur Auskreuzung von Mais unterscheiden sich bezüglich der Feldanordnung, des verwendeten Testsystems, der eingesetzten Sorten, der Größe der Schläge, der Erhebung und Präsentation der für die Bewertung der Ergebnisse bedeutsamen Parameter (z. B. Blühverlauf der männlichen Blüte des Donors sowie der männlichen und weiblichen Blüte des Rezipienten, Klimadaten wie Windrichtung und -stärke, Temperatur und Niederschlag), der Art der Probenahme sowie der Art der Publikation (peer reviewed, Projektberichte, Internet-Präsentationen, Posterkurzfassungen). Nahezu keine Arbeit beinhaltet alle für die Beurteilung der präsentierten Auskreuzungsergebnisse erforderlichen Informationen.

Für die Bewertung der Literaturdaten haben wir zunächst Ausschlusskriterien definiert, aufgrund derer Arbeiten als nicht ausreichend praxisnah eingestuft wurden. Diese Ausschlusskriterien sind:

- Entfahnung,
- wenige Pflanzenreihen oder gar Einzelpflanzen als Donor oder Rezipient,
- Saatgutverunreinigung im Rezipient.

Im ersten Fall fehlt die intraspezifische Pollenkonkurrenz, sodass eine deutliche Überschätzung der Auskreuzung erfolgt. Im zweiten Fall können unrealistisch kleine Donor- und/oder Rezipientenschläge wegen zu geringer Pollenproduktion zu einer Über- oder Unterschätzung der Auskreuzung führen. Im dritten Fall ist die Auswirkung einer Saatgutverunreinigung aufgrund bisher fehlender Untersuchungen nicht bekannt.

Eine Feld-in-Feld- bzw. Feld-an-Feld-Versuchsanordnung stellt ebenfalls eine Situation dar, die wegen der bereits bestehenden bzw. bevorstehenden gesetzlichen Vorgabe eines Mindestabstands in der landwirtschaftlichen Praxis allenfalls im Zuge einer nachbarschaftlichen Absprache zum Tragen kommen wird. Bei der Bewertung der Studien, die diese Feldanordnungen gewählt haben, ist zu berücksichtigen, dass z. B. die Ableitung von Mindestabständen aus Feld-in-Feld-Anlagen nicht sinnvoll ist, da bei ngv-Mais als Kulturart zwischen dem gv- und dem ngv-Feld die zusätzliche ngv-Maispollenproduktion bedeutsam ist. Die Pollenkonkurrenz ist wegen der „Verdünnung“ des gv-Pollens durch den ngv-Pollen zwischen beiden vermindert. Daher ist ngv-Mais als Kultur zwischen gv- und ngv-Mais anders zu bewerten als jede andere Kulturart. Aus diesem Grund werden diese Feldanordnungen separat diskutiert.



Die verbleibenden Auskreuzungsstudien, die als für die Koexistenz relevant (Tab. 1, Anhang) bzw. eingeschränkt relevant (Tab. 2, Anhang) eingestuft wurden, werden nachfolgend diskutiert. Wichtige Parameter sind dabei:

- Geeignete Feldversuchsanlage (z. B. Feld-neben-Feld besser als Feld-an- bzw. Feld-in-Feld, Berücksichtigung der Hauptwindrichtung),
- praxisnahe Feldgrößen,
- Verwendung aktueller Hybridsorten,
- Angabe zu Blühverlauf von Donor und Rezipient,
- Erhebung der wesentlichen klimatischen Daten (insbesondere Windrichtung/-stärke, Zeitraum der Messung, Detailliertheit und Art der Datenauswertung und -präsentation, Nähe der Wetterstation zum Schlag),
- ergänzende Parameter (Testsystem, Art der Probenahme, etc.).

Die Mehrzahl der Studien beinhalten keine oder zumindest keine verwertbaren Informationen zu den die Auskreuzung beeinflussenden klimatischen Faktoren wie Windrichtung und -geschwindigkeit, Niederschlag, Lufttemperatur und -feuchte. Für eine Interpretation der Daten, insbesondere einzelner auffälliger Werte, sind derartige Informationen aber zwingend erforderlich. So wiesen z. B. WEBER et al. (60) in 26 Rezipientenfeldern in 50 – 60 m Entfernung zum gv-Schlag Auskreuzungsraten zwischen 0,00 und 0,51 % nach; in einem Versuchsfeld lag der gv-Anteil jedoch bei 0,83 %. Eine Interpretation dieses Wertes ist wegen fehlender Angaben zu den während der Maisblüte herrschenden Windverhältnissen an diesem Versuchsfeld nicht möglich.

Da die Daten dieser auskreuzungsrelevanten Parameter fehlen, bleibt außerdem unklar, ob es sich bei den jeweiligen Versuchsbedingungen um sogenannte „worst case“ Szenarien (z. B. starker Wind aus Richtung des Donors, Blühsynchronität zwischen Donor und Rezipient) handelte oder aber wegen der Windverhältnisse während der Maisblüte, der Lage der Schläge zueinander etc. gar keine oder nur eine eingeschränkte Auskreuzung möglich war.

Die wichtigsten Angaben aller Studien sind in den Tabellen 1 (relevante Studien), 2 (eingeschränkt relevante Studien) und 3 (als nicht relevant eingestufte Studien) wiedergegeben (s. Anhang). Im folgenden Kapitel 4 werden die relevanten Arbeiten ausführlicher besprochen (Abschn. 4.1) und bewertet (Abschn. 4.2). Im Abschnitt 4.3 werden die Ergebnisse der lediglich eingeschränkt relevanten Studien kurz dargestellt und im Abschnitt 4.4 diskutiert.

## 4 Ergebnisse und Bewertung der Studien

Wie den Tabellen 1 – 3 (Anhang) zu entnehmen ist, gibt es trotz einer Vielzahl von Studien, die sich dem Thema der Auskreuzung bei Mais widmen, lediglich sieben neuere Arbeiten, die hinsichtlich der Versuchsfeldanlage als relevant eingestuft werden können (5; 14; 16; 17; 21; 22; 43; 50). In fünf dieser Arbeiten (5; 14; 16; 17; 50) werden unterschiedliche Feldversuchsanordnungen beschrieben, von denen nur ein Teil aus Sicht der Koexistenz uneingeschränkt relevant ist. Sofern zusätzlich Feld-in-Feld- bzw. Feld-an-Feld-Versuchsanordnung realisiert wurden, werden diese im Abschnitt 4.3 besprochen.

### 4.1 Ergebnisse der relevanten Studien

Drei der sieben als relevant eingestuften Studien sind in einer wissenschaftlichen Zeitschrift publiziert worden (6; 43; 50), weitere drei stellen nationale oder regionale Statusberichte einjähriger Feldversuche dar (14; 16; 17) und eine wurde im Rahmen eines Posterbeitrags auf einer wissenschaftlichen Tagung präsentiert (21; 22).

*Studie 1:* Es handelt sich um eine in der Schweiz durchgeführte Dissertation (5), die im Anschluss auszugsweise publiziert wurde (6). In dieser Studie wurde ein visuell auswertbares Testsystem unter Nutzung unterschiedlicher gelbkörniger Maissorten als Donor und der rezessiv weißkörnigen Hybride DSP 17007 als Rezipient in verschiedenen Versuchsanstellungen eingesetzt. In dem als relevant bewerteten Versuch zur Auskreuzung über große Distanzen wurden in den Jahren 2003 und 2004 mehrere Rezipientenfelder in verschiedenen Distanzen und Himmelsrichtungen um ein Donorfeld herum angelegt. Die Größe der Rezipientenfelder betrug ungefähr 0,8 ha, die Angaben zur Größe der Donorfelder fehlen; es wird lediglich erwähnt, dass die Maisschläge in der Untersuchungsregion zwischen 0,5 und 1,5 ha groß sind. Als auskreuzungsrelevante Parameter wurden neben den klimatischen Daten (Wind, Temperatur, relative Feuchte, Globalstrahlung) auch die Blühzeiten erfasst. Die untersuchten Distanzen bewegten sich im Bereich von 50 bis 4500 m, die zugehörigen Auskreuzungsraten für das gesamte Rezipientenfeld lagen in beiden Versuchsjahren generell im unkritischen Wertebereich unterhalb von 0,016 %.

Diese geringen Auskreuzungsraten sind verständlich, wenn man bedenkt, dass fast nie eine Blühsynchronität zwischen Donor und Rezipient vorlag.

*Studie 2:* Zu den Arbeiten aus Portugal (14) liegt bisher nur ein im Internet verfügbarer Statusbericht für das Versuchsjahr 2006 vor. Informationen zur Anordnung der beprobten Praxisschläge und Besonderheiten der Flächen zwischen diesen (Büsche, Bäume, Straßen) geben die Autoren mit entsprechenden Skizzen im Anhang. Untersucht wurden jeweils 80 – 300 Kolbenproben aus verschiedenen Bereichen der ngv-Schläge (nähere Angaben zur Probenahme fehlen) in unterschiedlicher Entfernung zu Bt-Maisfeldern mit und ohne Mantelsaat. Die Angaben beinhalten die Größe des jeweiligen Donor- (1 – 47 ha) und Rezipientenschlages (0,5 – 35 ha) sowie teilweise die Angabe der Hauptwindrichtung. Das Größenverhältnis von Donor- zu Rezipientenfeld (D : R) variierte im Bereich von 1 : 1,8 bis 29,5 : 1; allerdings ist fast immer der Donorschlag deutlich größer als das Rezipientenfeld. Von 18 untersuchten Feldkonstellationen sind neun als relevant einzustufen, da bei ihnen eine Feld-neben-Feld-Situation gegeben war. In diesem Fall lagen die Auskreuzungsraten in der Gesamternte der einzelnen Felder generell unterhalb von 0,15 %, unabhängig vom Abstand der Felder (3 bis > 500 m) und der Anzahl der Mantelsaatreihen. Leider lässt die Auswahl der Flächen keinen Rückschluss auf den Effekt einer Mantelsaat zur Verminderung der Auskreuzung zu, da keine entsprechenden Vergleichsvarianten ohne Mantelsaat untersucht wurden.

*Studie 3:* Ergebnisse einjähriger Versuche des Jahres 2005 aus Italien findet man ebenfalls im Internet (16). Genutzt wurden zwei unterschiedliche visuell auswertbare Testsysteme, eines unter Nutzung einer gelbkörnigen Maissorte als Donor und einer weißkörnigen als Rezipient, ein zweites mit einem rotkörnigen Donor und einem gelbkörnigen Rezipienten. Die Flächengrößen der relevanten Studien betrugen 1,1 und 1,4 ha (Donor) bzw. 2,6 und 2,9 ha (Rezipient). Die Autoren berichten, dass Blühverlauf sowie die wichtigsten klimatischen Faktoren erhoben wurden, präsentieren jedoch lediglich die Daten zu den Windverhältnissen eines im Rahmen dieses Reviews nicht relevanten Feldversuchs. Isolationsdistanzen von 9,1, 17,5 und 34,3 m wurden untersucht. Beim Vergleich zweier Standorte liegen die Auskreuzungsraten an den Feldrändern in 17,5 m Abstand von der Feldkante des Donors bei 4,5 % und 23,3 %, im Abstand von 34,3 m bei 2,6 % und 4,0 %. Die Auskreuzungsraten nehmen im Bestand schnell ab, betragen jedoch selbst an der hinteren Feldkante zwischen 0,08 % und 0,42 %. Generell unterscheiden sich die ermittelten Auskreuzungsraten dieser Studie in ihrer Höhe deutlich von den ersten beiden Studien. Ein weiterer Versuchsansatz zeigt, dass eine zwölfreihige Mantelsaat am Feldrand des Donors die Auskreuzung deutlich reduzieren kann. Dieser Effekt war am Feldrand des Rezipientenfeldes besonders ausgeprägt; hier war die Auskreuzung auf unter einem Sechstel der Vergleichsparzelle reduziert, im Feldinneren etwa auf ein Drittel. Diese Arbeit ist bisher

die einzige, der erste Anhaltspunkte für die Wirksamkeit einer Mantelsaat entnommen werden können.

*Studie 4:* EDER (17) berichtet über Feldversuche an vier Standorten in Bayern im zweiten Jahr (2005) des sog. „Erprobungsanbaus“. Unter Verwendung unterschiedlicher Versuchsfeldanordnungen werden Feldabstände von 20 bis 50 m verglichen und die Auskreuzungsraten im ngv-Feldrand sowie maximal 2 weiteren Felddiefen ermittelt. Als Testsystem wurden Bt-Mais und die jeweilige isogene Hybride verwendet. Konkrete Angaben zu den Feldgrößen (1 – 2 ha) gibt es nur im Falle der Donoren. An drei der Standorte wurde der Rezipient mit einer Felddiefe von mindestens 60 m komplett um den Donor herum gedriht. Winddaten und Blühzeitpunkte wurden laut Aussage des Autors erhoben, jedoch im Bericht nicht präsentiert. Bei der Auswertung wurde nach Himmelsrichtung differenziert, sodass die Hauptwindrichtung bei der Auswertung berücksichtigt werden kann. Die Ergebnisse der Standorte weichen stark voneinander ab. Im Feldrandbereich wurden in Abhängigkeit vom Abstand der Felder an verschiedenen Standorten und mit teilweise unterschiedlichen Feldversuchsdesigns Auskreuzungsraten bis zu 8,81 % (20 m), 6,19 % (30 m) und 24,66 % (50 m) ermittelt. Meist nahm die Auskreuzung mit zunehmender Felddiefe im Bestand schnell ab. Ein Standort fiel jedoch generell durch hohe gv-Gehalte auf, die bei einem Feldabstand von 50 m selbst in 25 m Felddiefe noch bei 0,46 % lagen. Allerdings schränkt der Autor die Bedeutung des hohen gv-Anteils im Randbereich dieses Standorts (24,66% bei 50 m Abstand) aufgrund eines möglichen Probenahmefehlers ein.

*Studie 5:* In der in den Jahren 2001 und 2002 in Südfrankreich durchgeführten Studie (21; 22) wurde die Auskreuzung von Körnermais in Süßmais untersucht. Genutzt wurden Praxisschläge; die Kriterien für die Auswahl von Süßmaissfeldern als Rezipientenschläge waren (i) das Vorhandensein nur eines als Donorschlag infrage kommenden Körnermaissfeldes, (ii) eine Abweichung der Blühzeit beider Felder von maximal sechs Tagen, sowie (iii) unterschiedliche Isolationsdistanzen zwischen Donor und Rezipient. Im Jahr 2001 wurden 16 und im Jahr 2002 15 Felder beprobt, die Feldgrößen lagen zwischen 0,15 und 54,5 ha. Die Auskreuzungsraten sind jeweils für den dem Donor zugewandten Feldrand (erste sechs Reihen) und das gesamte Feld dokumentiert. Windrichtung und -stärke, Blühzeitverschiebung, Isolationsdistanz sowie die Länge der dem Donor zugewandten Rezipientenfeldkante sind tabellarisch dargestellt. Die für das gesamte Feld ermittelten Auskreuzungsraten lagen bei Isolationsdistanzen von 1 bis 80 m im Jahr 2001 unter 0,2 % und im Jahr 2002 bei Isolationsdistanzen von 0 bis 220 m bei maximal 0,05 %. Dieser Unterschied der Ergebnisse in den beiden Versuchsjahren wird mit einer höheren durchschnittlichen Windstärke im ersten Jahr erklärt. In der Mehrzahl der geprüften Feldkonstellationen handelte es sich nicht um „worst case“-Bedingungen. Auskreuzungswerte oberhalb des Kennzeichnungsschwellenwertes fanden sich nur im Jahr 2002 in der dem Donor zugewandten sechs Randreihen des Rezipienten. Diese Studie zeigt die offensichtliche Bedeutung der Parameter Windrichtung/-stärke und Blühzeit für die Koexistenz. Eine größere Isolationsdistanz geht also nicht zwangsläufig mit einer Reduktion der Auskreuzungsrate einher. Die insgesamt sehr niedrigen Auskreuzungsraten werden von den Autoren der Studie auch mit einer hohen Pollenproduktion des Süßmaises erklärt. Süßmais in Nachbarschaft von Bt-Maissfeldern ist ein Sonderfall, da Einzelkolben vermarktet werden. Einzelne Kolben der dem Bt-Mais zugewandten Randreihe müssen also einen gv-Anteil unterhalb von 0,9 % aufweisen.

*Studie 6:* MESSEGUER et al. (43) nutzten im Jahr 2004 Praxisschläge in zwei ausgewählten Regionen Spaniens unter realen Anbaubedingungen. Zum Einsatz kamen Bt-Maissorten (Bt 176 und MON 810) als Donoren sowie verschiedene konventionelle Maissorten als Rezipienten. Aufgrund der Lage der Felder zueinander konnten Auskreuzungen oftmals gleichzeitig aus mehreren benachbarten Bt-Maissfeldern erfolgen. Die Feldgrößen lagen zwischen 0,5 und 5,0 ha. Die Blühzeiten der Sorten wurden ermittelt und als ein

Kriterium für die Auswahl der Rezipientenschläge genutzt. Windgeschwindigkeit und -richtung entstammen in der jeweiligen Anbauregion vorhandenen Messstationen. Die Abstände zwischen gv- und ngv-Feld lagen im Bereich von 2 – 150 m. Ermittelt wurden die Auskreuzungsraten im Feldrand, aus 3 und 10 m Felddiefe sowie in der Feldmitte. Daraus errechneten die Autoren einen für das gesamte Feld repräsentativen gv-Anteil, der mit Werten von 1,22, 1,89 und 2,29 % in drei von zwölf Fällen oberhalb des Kennzeichnungsschwellenwerts von 0,9 % lag. In diesen drei Fällen lag stets ein Bt-Maisschlag in Hauptwindrichtung nur 2 – 3 m entfernt und die Blüte von Donor und Rezipient verlief synchron. Aufgrund der Vielzahl von Faktoren, die die Auskreuzungsrate in einer Praxisregion beeinflussen, sind der Studie keine konkreten Hinweise auf die Größe eines einzuhaltenden Mindestabstands zu entnehmen. Die Autoren der Studie schlussfolgerten, dass die Auskreuzungsrate vorwiegend durch die Blühsynchronität bestimmt wird, während Abstand, Feldform und Windrichtung nur eine untergeordnete Rolle spielen.

*Studie 7:* Eine weitere spanische Studie nutzte in einem sehr speziellen Versuchsdesign im Jahr 2004 eine weißkörnige Maissorte als Rezipienten und verschiedene gelbkörnige Bt-Maissorten als Donoren (50). Die Gesamtflächen waren 4 ha (Donoren) und ca. 10 ha (Rezipientenschläge). Allerdings wurde nur ein kleiner Teil eines Rezipientenschlages für die Ermittlung der Auskreuzungsrate beim einzig geprüften Abstand von 10 m genutzt. Die Windrichtung ist in der schematischen Zeichnung des Felddesigns angegeben; der Wind wehte vorwiegend vom Donor zum Rezipienten. Die Blütezeit wurde erhoben, jedoch nicht präsentiert. Auskreuzungsraten wurden für Felddiefen im Bereich von 0 – 80 m ermittelt. Am Feldrand stellte man gv-Anteile von 2,65 – 11,32 % fest. Mit zunehmender Felddiefe nahmen die Auskreuzungsraten schnell ab und erreichten z. B. bei 10 m 0,17 – 0,43 % sowie bei 40 m 0 – 0,16 %. Ein interessanter Nebenaspekt dieser Studie ist der Vergleich zwischen den PCR-Daten und visuellen Werten (Kornfarbe). Letztere waren im Durchschnitt doppelt so hoch wie die mittels real-time PCR erhaltenen gv-Anteile.

## 4.2 Bewertung der relevanten Studien

Eine vergleichende Diskussion der Ergebnisse der sieben Studien gestaltet sich z. B. wegen der unterschiedlichen Konzeption der Versuche, abweichender Probenahmestrategie und fehlender Angaben äußerst schwierig. So ist die Nutzung von Praxisschlägen in einer Bt-Maisanbauregion mit multiplen Bt-Maispollenquellen (43) anders zu bewerten als spezielle und teilweise komplizierte Versuchsfeldanordnungen (16; 17; 50), insbesondere dann, wenn um den Donor ein massiver Mantel des Rezipienten gedrillt wurde (17; 50).

Die Verwendung eines Testsystems unter Nutzung visuell auswertbarer Merkmale wie Kornform und -farbe reduziert zwar die Kosten der Analytik zur Ermittlung der Auskreuzungsrate, kann aber angesichts sortenimmanenter und nicht den Eigenschaften moderner Hybridsorten entsprechender Besonderheiten wie z. B. einer Protandrie von mehreren Tagen zu einer mangelnden Blühsynchronität zwischen männlicher und weiblicher Blüte führen (37). Außerdem unterscheiden sich die in den Studien ermittelte Auskreuzungsraten je nach Zygotie des verwendeten Markers (s. Kap. 2). Aufgrund dieses Testsystemimmanenten Unterschieds wurden von einigen Autoren die mit Hilfe eines homozygot vorliegenden Markers ermittelten Auskreuzungsraten halbiert (z. B. 5). Eine spanische Studie zeigte kürzlich, dass Auskreuzungsraten, die auf dem visuell bestimmbar Merkmal „gelbe Kornfarbe“ beruhten, doppelt so hoch waren wie parallel durch real-time PCR bestimmte gv-Gehalte (50).

In den sieben Studien handelt es sich (bis auf 21) um Ergebnisse einjähriger, wenn auch teilweise parallel an mehreren Standorten, durchgeführter Versuche. Echte Wiederholungen stellen diese verglichenen Standorte jedoch wegen eines abweichenden Feldversuchsdesigns, variierender Donor- und/oder Rezipientenfeldgrößen bzw. eines unterschiedlichen Donor : Rezipient-Größenverhältnisses (14; 16; 17; 21; 43) nicht dar.

Wenn überhaupt klimatische Daten präsentiert werden, reduzieren sich die Angaben meist auf die Windrichtung (5; 14; 43; 50).

Letztendlich erschwert die unterschiedliche Art der Probenahme den direkten Vergleich. Entweder handelt es sich um Punkte bzw. Streifen im Feld oder es erfolgt die Angabe „gesamtes Feld“. Ebenso unklar bleibt, wie aus einzelnen Punkten im Feld auf die Auskreuzung im gesamten Feld rückgeschlossen wird (14; 21; 43).

Als Ergebnisse der Auswertung der relevanten Studien lassen sich folgende Aussagen treffen:

- Sofern zwischen dem Rezipientenfeldrand, der dem Bt-Maisschlag zugewandt ist, und Positionen innerhalb des Rezipientenfeldes unterschieden wird (16; 17; 50), ist eine schnelle Abnahme der Auskreuzung mit zunehmendem Abstand von der Feldkante festzustellen.
- Gv-Anteile oberhalb des Kennzeichnungsschwellenwertes traten im gesamten Erntegut des Feldes nur bei sehr geringem Abstand zwischen Donor und Rezipient (2 – 3 m) bei zusätzlich vorhandenen weiteren Bt-Maispollenquellen (43) oder aber begrenzt auf den dem Bt-Maisfeld zugewandten Randbereich eines Rezipientenschlages auf (16; 17; 21).
- Zum Einfluss des Feldgrößenverhältnisses zwischen Donor und Rezipient auf die Auskreuzung lassen sich den Arbeiten (14; 16; 17; 21; 43) – nicht zuletzt infolge des Fehlens essentieller Daten – keine Informationen entnehmen.
- Die Ableitung eines wissenschaftlich fundierten Mindestabstands zur Sicherstellung der Koexistenz lassen die Studien nicht zu. Allerdings deuten die Studien an, dass eine Überschreitung des Kennzeichnungsschwellenwerts von 0,9 % im gesamten Feld bei Abständen oberhalb von 50 m selten zu erwarten ist.
- Nur eine Arbeit enthält Hinweise darauf, dass eine Mantelsaat am Bt-Maisfeldrand eine wirkungsvolle Koexistenzmaßnahme sein könnte (16). Für eine Quantifizierung und damit Nutzung dieser Maßnahme zur Ergänzung oder Kompensation eines Mindestabstandes reichen die wenigen Daten jedoch nicht aus.

### 4.3 Ergebnisse der Studien mit eingeschränkter Relevanz

Weitere 20 Arbeiten wurden von uns als nur eingeschränkt relevant hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Ableitung bzw. Bewertung von Koexistenzmaßnahmen eingestuft (s. Tab. 2). Viele dieser Arbeiten nutzen eine Feld-an-Feld- (5; 11; 14; 16; 17; 29; 40; 46; 47; 50; 61) oder eine Feld-in-Feld-Versuchsanordnung (24; 39; 41; 60; 62). Zwar liefern diese Studien ebenso Erkenntnisse zur Auskreuzung von Mais; die Ableitung eines wissenschaftlich fundierten Mindestabstands als in allen EU-Mitgliedsstaaten umgesetzte oder angedachte Maßnahme zur Sicherung der Koexistenz ist aus diesen Arbeiten allerdings nicht möglich. Ein Grund dafür ist, dass Luftströmungen und damit der Pollentransport über einem homogenen geschlossenen Bestand anders verlaufen als Luftströmungen zwischen Beständen, die durch unterschiedlichste, den Verlauf des Luftstroms beeinflussende Strukturen (z. B. andere Kulturarten, aber auch Hecken, Gebäude, Straßen, Brache) voneinander getrennt sind. Ngv-Mais als Kulturart zwischen gv- und ngv-Maisfeldern „verdünnt“ außerdem durch die zusätzliche Pollenproduktion den in den ngv-Bestand eingetragenen gv-Pollen und reduziert damit die Wahrscheinlichkeit der Befruchtung einer ngv-Pflanze durch gv-Pollen (3). Im Falle der Feld-in-Feld-Konstellationen ist außerdem oft ein relativ kleiner Donorschlag von einem viel größeren Rezipientenschlag umgeben (24; 39; 41). Dieses ungleiche Donor : Rezipient-Größenverhältnis kann ebenfalls zu einer „Verdünnung“ des Donorpollens und damit verringerter Auskreuzung führen.

Viele der als nur eingeschränkt relevant beurteilten Studien lassen weiterhin essentielle Angaben zu auskreuzungsbeeinflussenden klimatischen und blühbiologischen Faktoren (s.

Tab. 2) vermissen. Der Mangel an diesen Informationen ist besonders bei Projektberichten, die ins Internet gestellt wurden, sowie Konferenzbeiträgen zu beobachten (z. B. 8; 18; 40; 41; 46; 47; 53).

Die unterschiedlichen Feldversuchsanordnungen werden nachfolgend separat beschrieben und anschließend gemeinsam diskutiert. Zusätzliche Angaben zu den Studien lassen sich Tabelle 2 entnehmen.

#### 4.3.1 *Feld-neben-Feld-Anordnung*

Die Ergebnisse einer nicht publizierten Studie der Saatgutunternehmen Monsanto, Nickerson und Pioneer Hi-Bred sind in einem im Internet verfügbaren Bericht knapp zusammengefasst (2). Die Untersuchungen fanden an 14 kommerziell bewirtschafteten Feldern in Spanien statt. Es werden generell nur Mittelwerte dargestellt (mittlere Größe der gv-Felder, mittlerer Abstand zwischen gv- und ngv-Feld, etc.), Klima- und Blühzeitdaten fehlen. Bei gleichzeitiger Aussaat von gv- und ngv-Feld lag die Auskreuzung in der ersten ngv-Pflanzenreihe bei durchschnittlich 16,9 % und nahm bis zur 16. Reihe auf 1,0 % ab. Die Daten deuten auf eine Reduktion der Auskreuzungsraten bei versetzten Saatterminen des gv- und ngv-Feldes hin.

In einem im Internet verfügbaren Kolloquiumsbeitrag wird über einjährige Auskreuzungsversuche von Zahnmais in Wachsmailsbestände in Südwestfrankreich berichtet (18). Bei Feldabständen zwischen 2 und 25 m variierten die Auskreuzungsraten für das gesamte Feld im Bereich von 0 – 0,72 %. Erwähnenswert ist die hohe Auskreuzungsrate von 0,41 % trotz eines D : R-Verhältnisses von 1 : 10,5. Die Werte wurden zur Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit Studien unter Nutzung heterozygoter Bt-Maissorten vom Autor halbiert. HALSEY et al. (27) ermittelten bei schräg in Richtung der Rezipienten wehendem Wind nur sehr niedrige Auskreuzungsraten in allerdings sehr kleine Rezipientenfelder im Abstand von 24 bis 318 m (max. 0,69 % bei 24 m). In einer weiteren US-amerikanischen Studie (34) betrug das D : R-Feldgrößenverhältnis ca. 12 : 1 bei einer Rezipientenschlaggröße von lediglich 0,03 ha. Außerdem beinhaltete das verwendete ngv-Saatgut im zweiten Versuchsjahr gv-Anteile von 0,16 %. Die Auskreuzungsraten lagen im einzig nutzbaren ersten Versuchsjahr bei einem Feldabstand von 30 m im Randbereich bei 1,04 %, in 10 m Feldtiefe nur noch bei 0,03 %. Bei 350 m Feldabstand in windabgewandter Richtung konnte keine Auskreuzung festgestellt werden.

Eine ältere Arbeit (35) weist unter Verwendung eines auf Kornform und -farbe basierenden Testsystems mit einem D : R-Größenverhältnis von ca. 34 : 1 im Rahmen eines über drei Jahre wiederholten Feldversuchs hohe Auskreuzungsraten selbst in 201 m (0,44 – 2,47 %) und 302 m (0,15 – 0,99 %) auf. Eine zweite Arbeit der gleichen Autoren (33) gibt Hinweise darauf, dass zwei Baumreihen die Auskreuzung in bis zu 100 m Feldtiefe im Vergleich zu nur einer Baumreihe weiter reduzieren.

In einer spanischen Studie (46; 47) wurden unter Praxisbedingungen gv-Gehalte von 0,05 bis 0,3 % in ngv-Schlägen ermittelt; Angaben zu den Feldabständen fehlen. In einem weiteren Versuch lag die Auskreuzungsrate eines Weißmaissfeldes, an das auf zwei Seiten im Abstand von 50 m Gelbmaisschläge grenzten, bei 0,14 %. In einer komplexen, ebenfalls in Spanien durchgeführten Feldversuchsanstellung wurde u. a. die Auskreuzung in einen 10 m entfernten Weißmaisschlag bestimmt (50). Es traten die üblichen Randeffekte (max. 13,43 %) und eine rasche Abnahme der Auskreuzung bei zunehmender Rezipientenfeldtiefe auf.

Der Publikation zu einer in Deutschland durchgeführten Studie mit vornehmlich anderer Zielrichtung lassen sich auch Auskreuzungsergebnisse aus Praxisanschlägen, wenn auch wenig präzise und ohne jegliche weitere Angaben, in Abständen von 20 bis über 100 m von Bt-Maisfeldern entnehmen (59). Erntepartien von ngv-Schlägen in diesen Distanzen wiesen gv-Gehalte zwischen <0,01 und 4,12 % auf. In einem zweiten deutschen Ver-

suchsansatz mit relativ kleinen Schlägen (D : 0,15 ha; R : 0,06 ha) wurden Abstände von 50 – 199 m verglichen (62). Die Auskreuzung war prinzipiell – selbst am Feldrand – mit maximal 1,05 % gering. In einer weiteren deutschen Studie wurde in einem komplexen Versuchsansatz, in dem drei verschiedene Testsysteme zum Nachweis der Auskreuzung genutzt wurden, der Einfluss einer niedrigwachsenden (Klee/Gras) gegenüber einer hochwachsenden (Sonnenblume) Kulturart zwischen Donor und Rezipient untersucht (37). Bei einem Abstand von 12 bzw. 13 m wurden in Hauptwindrichtung Auskreuzungsraten von 7,0 bis 40,9 % am Feldrand und zwischen 1,3 und 3,6 % in 10 bzw. 12 m Feldtiefe des Rezipienten bei Klee/Gras als Zwischenkultur und zwischen 4,9 und 21,8 %, sowie 0,2 und 14,4 % bei Sonnenblumen als Zwischenkultur gemessen. Ein wirksamer physikalischer Abschirmungseffekt durch die hochwachsende Kulturart Sonnenblume konnte nicht nachgewiesen werden.

Vorläufige Ergebnisse einer einjährigen niederländischen Studie zeigen bei einem D : R-Größenverhältnis von 1 : 1 und 25 m Abstand im gesamten Feld in allen vier Himmelsrichtungen relativ geringe gv-Anteile von maximal 0,3 % (56). Bei einem Abstand von 250 m und einem D : R-Verhältnis von 4 : 1 lagen die gv-Gehalte bereits bei maximal 0,04 %.

#### 4.3.2 Feld-an-Feld-Anordnung

In einer schweizerischen Studie (5) wurden drei Versuche mit einer Feld-an-Feld-Anordnung angelegt, bei denen hinsichtlich der Wind- und Blühverhältnisse keine „worst case“-Bedingungen herrschten. Entsprechend geringe Auskreuzungsraten wurden ermittelt; in einem Fall lag die Auskreuzung schon in der ersten, dem Donor zugewandten Reihe bei nur 0,05 %.

Im Rahmen von Koexistenzversuchen in Frankreich (8) wurde ein Bt-Maisschlag auf einer halben Längsseite durch eine 10 m breite Brachefläche von einem angrenzenden ngv-Feld getrennt, während die Maisfelder auf der anderen Seite unmittelbar aneinandergränzten. Der gv-Gehalt des gesamten konventionellen Feldes betrug 0,42 % (Brache) und 0,52 % (Mais-an-Mais).

BYRNE und FROMHERZ (11) erzielten in einer US-amerikanischen Studie hohe Auskreuzungsraten von bis zu 39,8 % in der ersten, dem Donor zugewandten Rezipientenfeldreihe, die mit zunehmender Feldtiefe im Bestand abnahmen; ab einer Rezipientenfeldtiefe von 46 m lagen die Auskreuzungsraten in allen Versuchen unter 1 %.

Ein Projektbericht einjähriger Versuchsanstellungen aus Italien zeigt ebenfalls die üblichen Randeffekte bei anschließender Abnahme der Auskreuzung mit zunehmender Feldtiefe (15). In Feldtiefen von mehr als 30 m wurden im Rezipienten sogenannte „hot spots“, also Stellen mit sprunghaft erhöhter Auskreuzungsrate, festgestellt.

Eine knappe Ergebnisübersicht zu einem japanischen Koexistenzversuch gibt die Kurzfassung eines Posterbeitrags (40). Auch in dieser wurden deutliche Randeffekte (bis 43,2 %) sowie eine Abnahme der Auskreuzung im Bestand mit zunehmender Feldtiefe beobachtet, wenn auch bei 50 und 100 m Feldtiefe noch eine Auskreuzung von 1,20 bzw. 0,23 % attestiert wurde. In einer spanischen Studie (46; 47) wird für den Rand (2 m Feldtiefe) eines direkt benachbarten ngv-Schlages (D = R = 23 ha) ein gv-Anteil von 6,0 % angegeben, der mit zunehmender Feldtiefe abnimmt und bei 40 m bei 0,45 % bzw. bei 90 m bei 0,2 % liegt. In einer weiteren spanischen, sehr komplex angelegten Feldversuchsanstellung unter Nutzung einer weißkörnigen Maissorte wurden ebenfalls die üblichen Randeffekte (9,9 bis 13,4 %) und eine rasche Abnahme der Auskreuzung im Bestand mit zunehmender Feldtiefe festgestellt (50).

Zu einer in Großbritannien in den Jahren 2000 – 2002 durchgeführten Studie („farm scale evaluations of GM crops“) werden lediglich Mittelwerte aus insgesamt 55 beprobten Versuchsfeldern bei Feldtiefen von 25 bis 200 m präsentiert, die durchgängig unter 0,15 %

lagen (29; 61). In Portugal wurde der gv-Eintrag aus benachbarten gv-Praxisschlägen untersucht (14). 24 Reihen Mantelsaat führten zu einem gv-Gehalt des gesamten ngv-Feldes von 0 bis 0,45 %. Der Effekt der Mantelsaat kann jedoch nicht quantifiziert werden, da entsprechende Vergleichsvarianten ohne Mantelsaat fehlen.

#### 4.3.3 *Feld-in-Feld-Anordnung*

Aus der schweizerischen Arbeit (5) liegen Ergebnisse zu zwei Feld-in-Feld-Versuchen vor. Eine Versuchsanlage wurde mit zentralem Donor und eine mit zentralem Rezipienten angelegt. In beiden Rezipienten wurden in Hauptwindrichtung Randeffekte festgestellt; die Auskreuzung lag ab 13 m Feldtiefe unter 0,5 %. Im Rahmen von französischen Koexistenzversuchen (8) wurde der gv-Gehalt einzelner, teilweise in Hauptwindrichtung liegender, Teilflächen berechnet. Je nach Lage und Größe dieser Flächen lag ihr gv-Anteil zwischen <0,1 und 0,52 %.

In einer US-amerikanischen Studie wurden in Hauptwindrichtung hohe Randeffekte (46 %) ermittelt (11). Die Auskreuzung nahm mit zunehmender Rezipientenfeldtiefe zwar ab, betrug bei 46 m aber noch bis zu 0,53 %. In einer weiteren zweijährigen US-amerikanischen Studie wurden in einer Versuchsanlage mit einem D : R-Größenverhältnis von 1 : 36 in Hauptwindrichtung bei Vorliegen von Blühsynchronität hohe Auskreuzungsraten (bis 47,1 %) in der ersten ngv-Maisreihe gemessen, die mit zunehmender Feldtiefe im Bestand abnahmen (24). Positiv an dieser Arbeit ist, dass die auskreuzungsbeeinflussenden Faktoren wie Windrichtung und -geschwindigkeit sowie Blühsynchronität detailliert erhoben und nachvollziehbar dargestellt wurden.

Eine über drei Jahre durchgeführte kanadische Studie nutzte ein auf der Kornfarbe basierendes Testsystem (39). Klima- und Blühdaten sind ausführlich dargestellt. Bei einem D : R-Größenverhältnis von 1 : 13 bzw. 1 : 8,7 können die üblichen hohen Randeffekte (max. 43,4 %) in der Rezipientenrandreihe sowie die mit zunehmender Feldtiefe im Bestand rasch abnehmenden Auskreuzungsraten entnommen werden. Trotz der im Vergleich zum Rezipienten kleinen Fläche des Donors (0,07 ha) wurde in Hauptwindrichtung bei der größten beprobten Feldtiefe (36,5 m) noch eine Auskreuzung von bis zu 0,4 % ermittelt.

Ein kurzer Bericht eines einjährigen spanischen Koexistenzversuchs weist für Teilflächen des Rezipientenschlags (D : R = 1 : 1 bzw. 1 : 4), die unmittelbar an den Donorgrenzen, gv-Anteile von 1,77 % bzw. 0,83 % aus (41). Bei separater Ernte eines 6 m breiten, an den Donor angrenzenden Randstreifens des konventionellen Maisfelds verringert sich bei einem D : R-Verhältnis von 1 : 1 der gv-Anteil für die Gesamtfläche auf 0,77 %. Ein weiterer in Spanien realisierter Versuchsansatz mit einem D : R-Verhältnis von 1 : 10 führte im Randbereich bei 2 m zu Auskreuzungsraten von 16,4 %, die im Bestand schnell abnahmen und bereits bei einer Feldtiefe von 40 m 0 % erreichten (46; 47).

Unter Nutzung einer herbizidresistenten Maissorte wurden in einer deutschen Studie in 3 m Feldtiefe des Rezipienten bis zu 17,2 % Auskreuzung ermittelt (62). Bei 25,5 und 49,5 m lagen die Werte bei 0,9 bzw. maximal 0,4 %. Im Rahmen des sog. „Erprobungsanbaus“ wurden im Jahr 2004 in Feldversuchen unter Verwendung von Bt-Mais als Donor an 27 Standorten Deutschlands die gv-Gehalte ausgewählter ngv-Feldbereiche (10 – 20 m, 20 – 30 m und 50 – 60 m Abstand vom Feldrand) bei unterschiedlicher Nutzungsrichtung verglichen (60). Die Auskreuzung erreichte dabei innerhalb der ersten 10 – 20 m maximal 3,86 % bei Körnermais, 6,05 % bei Silomais und 9,76 % im Falle des einzigen Lieschkolben-Schrot-Standorts. Im 20 – 30 m vom Feldrand entfernten Erntestreifen wurde nur sehr selten der Schwellenwert von 0,9 % überschritten, bei 50 – 60 m lag er meist deutlich darunter. Im zweiten Versuchsjahr wurden an einem bayrischen Versuchsstandort in 50 und 75 m Feldtiefe des Rezipienten gv-Gehalte von 1,52 bzw. 0,3 % gemessen (17).



#### 4.4 Bewertung der Studien mit eingeschränkter Relevanz

Im vorigen Abschnitt wurden die Gründe für die schwierige Vergleichbarkeit der Ergebnisse aus unterschiedlichen Arbeiten bereits besprochen; diese gelten in diesem Abschnitt in besonderem Maße. Erschwerend kommt bei den in diesem Abschnitt diskutierten Studien hinzu, dass stets wichtige Angaben für die Beurteilung und Bewertung der Auskreuzungsraten wie Windrichtung und -stärke sowie sonstige klimatische Daten (2; 11; 14; 16; 17; 18; 29; 34; 35; 36; 40; 46; 47; 56; 59; 60; 61) oder Hinweise zur Synchronität des Blühverlaufs zwischen Donor und Rezipient (2; 11; 14; 18; 29; 34; 35; 36; 40; 41; 46; 47; 50; 56; 61; 62) ganz oder teilweise fehlen. Außerdem wurden nur in wenigen Studien Versuchswiederholungen über mehrere Jahre durchgeführt, die allerdings teilweise leichte Änderungen der Versuchsanordnung zwischen den Jahren aufwiesen (24; 27; 29; 34; 35; 36; 39; 62). Bei JEMISON und VAYDA (34) sind jedoch wegen einer gv-Saatgutverunreinigung nur die Ergebnisse des ersten Versuchsjahres nutzbar.

In vielen Studien ist außerdem entweder einer der Schläge (Donor oder Rezipient) deutlich größer als der andere (24; 27; 34; 35; 41 sowie teilweise 14; 16; 39; 46; 47), repräsentieren also eine in der landwirtschaftlichen Praxis weniger häufig anzutreffende Konstellation, oder aber Donor- und/oder Rezipientenfeldgröße sind generell sehr klein (27; 34; 35; 39 sowie teilweise 62) bzw. Angaben zur Größe der Schläge sind zu ungenau oder fehlen völlig (2; 11; 17; 29; 46; 47; 50; 59; 61; 60). Manche Versuchsfelddesigns sind außerdem nur bedingt geeignet oder recht komplex und werden für die Ableitung verschiedenster Aussagen genutzt (z. B. 16; 27; 50).

Die Beschränkung auf die Angabe weniger Mittelwerte zu den britischen Feldversuchen ist für die Bewertung von Koexistenzmaßnahmen wenig hilfreich (29; 61). Da die in älteren Studien genutzten Sorten hinsichtlich ihrer Eigenschaften nicht mit aktuellen Sorten vergleichbar sind (z. B. Protandrie, Populationssorten), sind die Ergebnisse dieser Arbeiten nur bedingt nutzbar (35; 36).

Trotz dieser Einschränkungen lassen sich diesen nur eingeschränkt relevanten Arbeiten einige koexistenzrelevante Hinweise entnehmen:

- Fast alle Studien bestätigen den bereits im vorigen Kapitel beschriebenen Randeffekt und die anschließende Abnahme der Auskreuzungsrate mit zunehmender Feldtiefe (2; 5; 11; 16; 24; 34; 35; 36; 37; 39; 40; 47; 50; 62). Die getrennte Ernte des dem gv-Schlag zugewandten ngv-Feldrands und dessen Vermarktung oder Verwertung zusammen mit der gv-Ernte ist somit eine wirkungsvolle Maßnahme, den gv-Anteil im verbleibenden Feld deutlich zu verringern (8; 41; 46; 47; 60).
- Es wurden jedoch unter bestimmten Bedingungen auch in größeren Feldtiefen von 30 – 100 m noch höhere Auskreuzungsraten in der Größenordnung von 0,5 % und mehr festgestellt (11; 16; 24; 39; 40; 47; 50; 60). Besonders hoch sind die nur für das gesamte Feld angegebenen Auskreuzungsraten in einer älteren US-amerikanischen Studie, in der die damals üblichen Populationssorten eingesetzt wurden (35).
- Bis heute existiert kein abgesicherter Umrechnungsfaktor für den Vergleich von Auskreuzungsergebnissen unter Nutzung von gv-Sorten mit denen visuell auswertbarer Testsysteme, basierend auf Merkmalen wie Kornform oder -farbe. In einer Studie waren allerdings Auskreuzungsraten, die auf dem Merkmal ‚gelbe Kornfarbe‘ beruhten, doppelt so hoch wie parallel durch real-time-PCR bestimmte gv-Gehalte (50).
- Informationen zum Einfluss des Feldgrößenverhältnisses zwischen Donor und Rezipient auf die Auskreuzung können den Arbeiten nicht entnommen werden, da für die Beurteilung essentielle Daten fehlen und meist zu viele Parameter (Feldgröße und -form, klimatische Faktoren, etc.) variieren. Außerdem ist keine der Versuchsanstellungen explizit für diese Fragestellung konzipiert worden.

- Zum Einfluss der Kulturart zwischen Donor und Rezipient auf die Auskreuzung gibt es bisher nur wenige Arbeiten. Außer Studien, die Mais mit einer anderen Kulturart (17) bzw. Brache (16) vergleichen, existiert bisher nur eine Arbeit, in der die Auskreuzung über eine hochwachsende Kulturart (Sonnenblume) und über eine niedrig wachsende Kulturart (Klee/Gras-Gemisch) vergleichend untersucht wurde (37). Eine physikalische Abschirmung durch die hochwachsende Sonnenblume konnte nicht festgestellt werden.
- Versetzte Saattermine von gv- und ngv-Feld können in Südeuropa als sinnvolle Koexistenzmaßnahme genutzt werden.

## 5 Schlussfolgerungen

Unter den 45 Studien, die sich dem Thema der Auskreuzung bei Mais gewidmet haben, gibt es nur wenige, mit deren Hilfe konkrete Aussagen über die Wirksamkeit einzelner Maßnahmen zur Sicherung der Koexistenz gemacht werden können. Hauptgründe sind die fehlende Erhebung und/oder Präsentation der für die Bewertung der Ergebnisse essentiellen Parameter wie z. B. Wind- und Blühverlaufsdaten, fehlende echte Wiederholungen mit unveränderter Versuchsfeldanlage sowie Wiederholungen unter unterschiedlichen klimatischen Bedingungen. Desweiteren erschweren Schwächen bei der Versuchsanlage wie zu praxisferne Versuchsansätze sowie die Variation zu vieler Faktoren, die die Wirksamkeit der jeweils betrachteten möglichen Koexistenzmaßnahme beeinflussen, eine Interpretation der Ergebnisse. Eine Reihe weiterer meist älterer Versuche ist ursprünglich nicht unter dem Gesichtspunkt der Koexistenz konzipiert worden, jedoch für Aussagen zu diesem Thema herangezogen worden.

Trotz dieser Einschränkungen und der Tatsache, dass die Studien in verschiedenen Ländern und damit klimatischen Regionen sowie mit landestypischen Sorten erarbeitet wurden, lassen sich aus ihnen folgende allgemeine Aussagen ableiten (s. dazu Abschn. 4.2 und 4.4):

- *Randeffekt*: Die Auskreuzung ist stets an dem Feldrand des Rezipienten, der dem Donor zugewandt ist, am höchsten („Randeffekt“). Hinsichtlich der Abnahme der Auskreuzung im ngv-Bestand mit zunehmender Felddtiefe gibt es abweichende Resultate. In den Studien wurde sowohl eine rasche Abnahme nach bereits wenigen Metern auf Werte deutlich unter dem Kennzeichnungsschwellenwert von 0,9 % als auch auf Werte um 0,5 % und darüber in Felddiefen von 30 – 100 m nachgewiesen. Manchmal konnte außerdem in größeren Rezipientenfelddiefen lokal begrenzt ein sprunghafter Anstieg der Auskreuzungsrate beobachtet werden („hot spot“).
- *Fläche zwischen gv- und ngv-Mais*: Bisher existiert lediglich eine gezielt angelegte Studie zur Ermittlung des Einflusses der zwischen Donor und Rezipient angebauten Kulturart auf die Auskreuzung. Beim Vergleich zwischen der hochwachsenden Sonnenblume und dem niedrig wachsenden Klee/Gras-Gemisch konnte kein Unterschied in der Auskreuzungsrate festgestellt werden. Allerdings liefern viele der Arbeiten Hinweise dafür, dass ngv-Mais wegen der zusätzlichen Pollenproduktion einer Auskreuzung am besten vorbeugen kann.
- *Einfluss der Schlaggröße*: Auch wenn in den Studien insgesamt sehr unterschiedliche Donor-/Rezipient-Größenverhältnisse realisiert wurden, existiert keine Versuchsanordnung, in der bis auf unterschiedliche Feldgrößenverhältnisse alle übrigen Parameter (Standort, relative Lage und Form der Schläge, Testsystem, etc.), konstant gehalten wurden. Eine abgesicherte Aussage zum Einfluss von Schlaggrößen und Schlaggrößenverhältnissen auf die Auskreuzung kann anhand der vorliegenden Studien daher nicht gemacht werden.

- *Mindestabstand*: Die Ableitung eines wissenschaftlich fundierten Mindestabstands ist aus den bisher vorliegenden, sehr unterschiedlich konzipierten Studien nicht möglich. Dazu sind lediglich Daten von Feld-neben-Feld-Versuchsanordnungen nutzbar. Die bisherige Datengrundlage dieser Versuchsanstellungen deutet an, dass ein Abstand von 50 – 100 m ausreichen sollte, um für benachbarte ngv-Praxisschläge (gesamter Schlag) mit hoher Wahrscheinlichkeit die Unterschreitung des Kennzeichnungsschwellenwerts sicherzustellen. Sollten jedoch in Zukunft seitens der EU Schwellenwerte für ngv-Maissaatgut deutlich oberhalb von 0 %, (z. B. 0,5 %) festgelegt werden, sind diese Abstände zu überdenken.
- *Nutzungsart*: Für eine eventuelle Unterscheidung von Koexistenzmaßnahmen im Hinblick auf die Nutzungsrichtung (Körner- bzw. Silomais, Liesch-Kolben-Schrot, Zuckermais) fehlt bisher die Datengrundlage.
- *Mantelsaat*: Lediglich in drei Studien wurde eine Mantelsaat am Donorfeldrand angelegt. Leider wurde jedoch nur in einer dieser Arbeiten auch eine Vergleichsvariante ohne Mantelsaat am gleichen Standort geprüft. Die 12-reihige Mantelsaat konnte die Auskreuzung in den benachbarten Rezipientenschlag gegenüber der Vergleichsparzelle deutlich reduzieren.
- *Separate Ernte des Felldrands*: Als ebenfalls wirksam ist die separate Ernte des dem gv-Schlag zugewandten Felldrands benachbarter ngv-Felder anzusehen, z. B. im Zuge nachbarschaftlicher Absprachen.
- *Blühzeitverschiebung*: Eine Blühzeitverschiebung durch zeitlich versetzte Aussaattermine von gv- und ngv-Maissorten wird man als zusätzliche Maßnahme ausschließlich in Südeuropa realisieren können.

Diese Auflistung macht deutlich, dass weiterer Forschungsbedarf im Rahmen der Koexistenz beim Maisanbau besteht. Besonderer Wert sollte dabei darauf gelegt werden, stets die wesentlichen, die Auskreuzung maßgeblich bestimmenden Parameter (klimatische Bedingungen, Blühverlauf von Donor und Rezipient) mit zu erfassen, um die Wahrscheinlichkeit des Eintretens bestimmter Auskreuzungsraten beurteilen zu können. Zukünftig sollten daher vorrangig folgende Themenschwerpunkte experimentell bearbeitet werden:

- Quantifizierung der Wirksamkeit einer *Mantelsaat* am gv-Feldrand zur Reduktion der Auskreuzung.
- *Einfluss pflanzenbaulicher Parameter* auf die Auskreuzung in benachbarte ngv-Bestände (z. B. Kulturart zwischen Donor und Rezipient, Donor/Rezipient-Größenverhältnis, Drillrichtung im Rezipientenfeld, etc.).
- Berücksichtigung der unterschiedlichen *Nutzungsrichtung* des Ernteguts (vorwiegend Körner- vs. Silomais).
- Auswirkungen eines *gv-Anteils im konventionellen Saatgut* (Saatgutverunreinigung) auf den gv-Anteil im Erntegut.

### Zusammenfassung

In diesem Literaturreview werden alle derzeit vorliegenden Studien zur Auskreuzung von Mais berücksichtigt. Sie werden hinsichtlich ihrer Eignung für die Ableitung von Maßnahmen zur Sicherstellung der Koexistenz von gentechnisch verändertem (gv-) Mais und nicht gentechnisch verändertem (ngv-) konventionell sowie ökologisch erzeugtem Mais kategorisiert und bewertet. Die wesentlichen Ergebnisse aus insgesamt 45 ausgewerteten Studien werden tabellarisch dargestellt. Als Quellen werden sowohl wissenschaftliche Zeitschriften, Projektberichte und Kurzfassungen in Tagungsbänden als auch im Internet verfügbare Präsentationen von Workshops oder Konferenzen herangezogen.

Die Studien zeigen, dass verschiedene Maßnahmen zur Verringerung der Auskreuzung geeignet sind. Hierzu gehören z. B. (i) die Einhaltung eines Abstands von 50 – 100 m zwischen gv- und ngv-Mais, (ii) die Nutzung einer Maismantelsaat, (iii) die separate Ernte der ersten dem gv-Schlag zugewandten Reihen des ngv-Feldes sowie (iv) in Südeuropa zusätzlich eine Blühzeitverschiebung

z. B. durch versetzte Saattermine von gv- und ngv-Mais. Bestehende Forschungsdefizite bei der Auskreuzung von Mais werden benannt.

Die Aussagen der Studien zur Wirksamkeit unterschiedlicher Koexistenzmaßnahmen lassen sich nur sehr bedingt verallgemeinern. Ursachen sind vielfach unvollständige bzw. fehlende Angaben zu den die Auskreuzung maßgeblich beeinflussenden Parametern, insbesondere Windrichtung und Blütezeit, sowie teilweise nicht optimale Feldversuchsanlagen und fehlende Wiederholungen. Deshalb sind als Grundlage für die Erstellung von Rechtsvorschriften zur Koexistenz spezielle Versuchsansätze, einschließlich der Erhebung aller auskreuzungsrelevanten Parameter, zur Quantifizierung der Wirksamkeit einzelner Maßnahmen erforderlich, deren Ergebnisse in Prognosemodelle einfließen können.

## Summary

### *Outcrossing studies on maize: Overview, assessment, need for research*

This literature review takes all currently available studies on the outcrossing of maize into account. They are categorised and assessed in terms of suitability for deriving measures to ensure the co-existence of genetically modified (GM) maize and non-genetically modified (non-GM) conventional maize as well as organically produced maize. The key results from a total of 45 analysed studies are set out in a table. Sources consulted for this purpose include scientific journals, project reports and abridged versions in conference documentation as well as presentations from workshops or conferences that are available on the Internet.

The studies show that different measures are suitable to reduce outcrossing. These include e.g. (i) the observance of an isolation distance of 50-100 m between GM and non-GM maize, (ii) the use of a maize buffer zone, (iii) the separate harvesting of the first rows of the non-GM field facing the GM parcel as well as (iv) additionally in Southern Europe, a shifting of the flowering period e.g. through staggered sowing dates of GM and non-GM maize. Existing deficits in the research on the outcrossing of maize are pointed out.

The statements made in the studies on the efficacy of different co-existence measures can only be generalised to a very limited degree. The reasons for this are frequently incomplete or lacking data on the parameters exerting a key influence on outcrossing, notably the wind direction and flowering period as well as not ideal experimental field trial designs in some cases and a lack of trial repetitions. Therefore, specific experimental approaches as the basis for creating legal requirements for co-existence, including the collection and consideration of all outcrossing-related parameters, are required to quantify the efficacy of individual measures. Finally, these results can be incorporated in forecasting models.

## Résumé

### *Etudes sur le croisement du maïs: description, évaluation, besoin de recherche*

Pour cet examen des publications, toutes les études actuellement disponibles sur le sujet du croisement du maïs sont prises en considération. Elles sont classées et évaluées selon la possibilité à en déduire des mesures pour garantir la coexistence du maïs génétiquement modifié (GM) et du maïs non génétiquement modifié (NGM) issu de l'agriculture conventionnelle ou de l'agriculture biologique. Les résultats les plus importants des 45 études analysées sont présentés dans un tableau. A cet effet, des revues spécialisées, des rapports sur des projets et des résumés dans les brochures de congrès ainsi que des présentations d'ateliers ou de conférences publiées sur Internet ont servi de sources.

Les études montrent qu'il y a différentes mesures appropriées pour limiter le croisement. Par exemple (i) en respectant une distance de 50 à 100 m entre le maïs GM et le maïs NGM, (ii) en utilisant des semences de maïs enrobées, (iii) en récoltant séparément les premières lignes sur le champ de maïs NGM attenantes à la parcelle GM et (iv), en Europe du Sud, en décalant l'époque de floraison en choisissant différentes dates pour le semis du maïs GM et du maïs NGM. De plus, les déficits de recherche à constater dans le domaine du croisement du maïs sont indiqués.

En ce qui concerne l'efficacité des différentes mesures de coexistence, les résultats des études ne peuvent être généralisés que très partiellement. Ceci est dû au fait que les données relatives aux paramètres décisifs pour le croisement sont souvent incomplètes ou même inexistantes, notamment la direction du vent et l'époque de floraison et que quelques fois les essais en champ ne sont pas optimaux ou qu'il n'y a pas de répétitions. C'est pourquoi, en tant que base pour l'élaboration de réglementations sur la coexistence, des conceptions d'essai spécifiques y compris la saisi de tous les paramètres de croisement pertinents sont nécessaires afin de quantifier l'efficacité des mesures individuelles dont les résultats pourraient être pris en compte pour créer des modèles de prévision.

## Literatur

1. AGES, 2006: Untersuchungen zu Fremdbefruchtungsrate in Maiskulturen unter Berücksichtigung der Umwelten in den Hauptanbaugebieten Österreichs. Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Wien. [http://www.ages.at/web/ages/content.nsf/73b5f92ac245b957c1256a9a004e1676/d1efdc33b485c2bcc12572120043ebd4/\\$FILE/endbericht\\_homepage.pdf](http://www.ages.at/web/ages/content.nsf/73b5f92ac245b957c1256a9a004e1676/d1efdc33b485c2bcc12572120043ebd4/$FILE/endbericht_homepage.pdf).
2. APROSE, 2004: In: BROOKES, G.; BARFOOT, P.; MELÉ, E.; MESSEGUER, J.; BÉNÉTRIX, F.; BLOC, D.; FOUÉILLASSAR, X.; FABIÉ, A.; POEYDOMENGE, C., 2004: Genetically modified maize: pollen movement and crop coexistence. PG Economics. <http://www.pgeconomics.co.uk/pdf/Maizepollennov2004final.pdf>.
3. AYLOR, D. E.; SCHULTES, N. P.; SHIELDS, E. J., 2003: An aerobiological framework for assessing cross-pollination in maize. *Agr. Forest Meteorol.* 119, S. 111–129.
4. BAKTASH, F. Y., 1984: Isolation distances between corn fields in Iraq. *Iraqi J. Agric. Sciences* “Zanco” 2, S. 25–31.
5. BANNERT, M., 2006: Simulation of transgenic pollen dispersal by use of different grain colour maize. Dissertation. Eidgenössische Technische Hochschule Zürich. [http://www.agrisite.de/doc/ge\\_img/pollen-swiss.pdf](http://www.agrisite.de/doc/ge_img/pollen-swiss.pdf).
6. –, STAMP, P., 2007: Cross-pollination of maize at long distance. *Eur. J. Agron.* 27, S. 44–51.
7. BATEMAN, A. J., 1947: Contamination of seed crops II. Wind pollination. *Heredity* 1, S. 235–246.
8. BÉNÉTRIX, F.; FOUÉILLASSAR, X.; FABIÉ, A.; POEYDOMENGE, C., 2005: Conventional and genetically modified corn co-existence management from field to silo. Symposium on Coexistence of GMO Seeds & Agricultural Production, Wien, 22. – 23. Februar 2005. [taix.cec.eu.int/Seminar%20Organisation/Tools/Presentations/11411/Benetrrix.ppt](http://taix.cec.eu.int/Seminar%20Organisation/Tools/Presentations/11411/Benetrrix.ppt).
9. BURRIS, J. S., 2001: Adventitious pollen intrusion into hybrid maize seed production fields. American Seed Trade Association. Alexandria, USA. [http://www.amseed.com/govt\\_statementsDetail.asp?id=69](http://www.amseed.com/govt_statementsDetail.asp?id=69).
10. BVL, 2007: Anbau von gentechnisch verändertem Mais in Deutschland 2007 - Vergleich der Anbaufläche von Bt-Mais und konventionellem Mais in den Jahren 2005 bis 2007. [http://www.bvl.bund.de/cln\\_027/nn\\_491980/DE/08\\_PresseInfothek/01\\_InfosFuerPresse/01\\_PI\\_und\\_HGI/GVO/HG\\_auswertung\\_stareg\\_2007.html](http://www.bvl.bund.de/cln_027/nn_491980/DE/08_PresseInfothek/01_InfosFuerPresse/01_PI_und_HGI/GVO/HG_auswertung_stareg_2007.html).
11. BYRNE, P. F.; FROMHERZ, S., 2003: Can GM and non-GM crops coexist? Setting a precedent in Boulder County, Colorado, USA. *J. Food Agr. Environ.* 1, S. 256–261.
12. –, TERPSTRA, K. A.; DABBERT, T. A.; ALEXANDER, R.; MARTIN, P., 2003: Estimating pollen-mediated gene flow in corn under Colorado conditions. American Society of Agronomy Meeting, Denver, USA, 2.-6.11.2003.
13. CHILCUTT, C. F.; TABASHNIK, B. E., 2004: Contamination of refuges by *Bacillus thuringiensis* toxin genes from transgenic maize. *P. Natl. Acad. Sci. USA* 101: S. 7526–7529.
14. CRUZ DE CARVALHO, P. und ALFARROBA, F., 2006: Coexistence between genetically modified, conventional and organic crops. Lissabon, Ministry of Agriculture, Rural Development and Fisheries, Directorate General for Crop Protection, Status Report for 2006, S. 1-59. [http://www.biosicherheit.de/pdf/is\\_koex/ministero\\_da\\_agricultura\\_koex-studie\\_pt2006.pdf](http://www.biosicherheit.de/pdf/is_koex/ministero_da_agricultura_koex-studie_pt2006.pdf).
15. DAS, K.G.S., 1983: Vicinity distance studies of hybrid seed production in maize (*Zea mays* L.) at Bangalore. *Mysore J. Agr. Sci.* 20, S. 340.
16. DELLA PORTA, G.; EDERLE, D.; BUCCHINI, L.; PRANDI, M.; POZZI, C.; VERDERIO, A., 2006: Gene flow between neighboring fields in the Po Valley. Publication of the Centro di Documentazione Agrobiotecnologie (CEDAB), Milan, Italy, S 1–32. <http://www.cedab.it/cgi-bin/documenti/gene%20flow%20broch%20english.pdf>.
17. EDER, J., 2006: Bericht zum Erprobungsanbau mit gentechnisch verändertem Mais in Bayern 2005, 18. edition. Freising-Weihenstephan: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). [http://www.transgen.de/pdf/dokumente/lfl\\_koexistenz\\_bayern2005.pdf](http://www.transgen.de/pdf/dokumente/lfl_koexistenz_bayern2005.pdf).
18. FABIÉ, A., 2004: Research on coexistence in the field - French experiments for maize. COPA-COGECA Colloquy on the co-existence and thresholds of adventitious presence on GMOs in conventional seeds. <http://www.copa-cogeca.be/pdf/8bis.pdf>.
19. FELSOT, A. S., 2002: Pharm farming - it's not your father's agriculture. *Agrichemical and Environmental News* 195, S. 1–23. [http://www.aenews.wsu.edu/July02AENews/Pharm\\_Farming/PharmFarming.pdf](http://www.aenews.wsu.edu/July02AENews/Pharm_Farming/PharmFarming.pdf).
20. FONSECA, A.; WESTGATE, M., 2005: Relationship between desiccation and viability of maize pollen. *Field Crop Res.* 94, S. 114–125.
21. FOUÉILLASSAR, X.; FABIÉ, A.; LABORDE, J., 2007a: Specific coexistence measures for sweet corn. Poster präsentiert auf der Third International Conference on Coexistence between Genetically Modified (GM) and non-GM based Agricultural Supply Chains, Sevilla, 20-21.11.2007.

22. –; –; –, 2007b: Specific coexistence measures for sweet corn. GMCC-07: Third International Conference on Coexistence between Genetically Modified (GM) and non-GM based Agricultural Supply Chains. Luxembourg: Office for Official Publications of the EC, S. 257–258.
23. GARCIA, M.; FIGUEROA, C. J.; GOMEZ, M. R.; TOWNSEND, L. R.; SCHOPER, J., 1998: Pollen control during transgenic hybrid maize development in Mexico. *Crop Sci* 38, S. 1597–1602.
24. GOGGI, A. S.; CARAGEA, P.; LOPEZ-SANCHEZ, H.; WESTGATE, M.; ARMITT, R.; CLARK, C., 2006: Statistical analysis of outcrossing between adjacent maize grain production fields. *Field Crop Res.* 99, S. 147–157.
25. –; LOPEZ-SANCHEZ, H.; CARAGEA, P.; WESTGATE, M.; ARMITT, R.; CLARK, C. A., 2007: Gene flow in maize fields with different local pollen densities. *Int. J. Biometeorol.* 51, S. 493–503.
26. HAEGELE, J. W.; PETERSON, P. A., 2007: The flow of maize pollen in a designed field plot. *Maydica* 52, S. 117–125.
27. HALSEY, M. E.; REMUND, K. M.; DAVIS, C. A.; QUALLS, M.; EPPARD, P. J.; BERBERICH, S. A., 2005: Isolation of maize from pollen-mediated gene flow by time and distance. *Crop Sci.* 45, S. 2172–2185.
28. HASKELL, G.; DOW, P., 1951: Studies with sweet corn. V. Seed-settings with distances from pollen source. *Empire J. Exp. Agr.* 19, S. 45–50.
29. HENRY, C.; MORGAN, D.; WEEKS, R.; DANIELS, R. E.; BOFFEY, C., 2003: Farm scale evaluations of GM crops: monitoring gene flow from GM crops to non-GM equivalent crops in the vicinity (contract reference EPG 1/5/138). Part I: Forage Maize. London, UK, Department for Environment, Food & Rural Affairs, Report, S. 1–25. [http://www.defra.gov.uk/environment/gm/research/pdf/epg\\_1-5-138.pdf](http://www.defra.gov.uk/environment/gm/research/pdf/epg_1-5-138.pdf).
30. HERRERO, M. P.; JOHNSON, R. R., 1980: High temperature stress and pollen viability of maize. *Crop Sci.* 20, S. 796–800.
31. HOFFMANN, W.; MUDRA, A.; PLARRE, W., 1985: *Lehrbuch der Züchtung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen – Band 2, spezieller Teil.* Hamburg, Berlin: Verlag Paul Parey.
32. IRELAND, D. S.; WILSON, D. O., JR.; WESTGATE, M. E.; BURRIS, J. S.; LAUER, M. J., 2006: Managing Reproductive Isolation in Hybrid Seed Corn Production. *Crop Sci.* 46, S. 1445–1455.
33. JAMES, C., 2006: Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2006. ISAAA Brief No. 35, ISAAA: Ithaca, NY., <http://www.isaaa.org/Resources/Publications/briefs/35/executivesummary/pdf/Brief%2035%20-%20Executive%20Summary%20-%20English.pdf>.
34. JEMISON, J. M.; VAYDA, M. E., 2001: Cross pollination from genetically engineered corn: wind transport and seed source. *AGBioForum* 4, S. 87–92.
35. JONES, M. D.; BROOKS, J. S., 1950: Effectiveness of distance and border rows preventing outcrossing in corn. *Okla. AES Tech. Bull.* T-38: S. 3–18.
36. –, 1952: Effect of tree barriers on outcrossing in corn. *Okla. AES Tech. Bull.* T-45.
37. LANGHOF, M.; HOMMEL, B.; HÜSKEN, A.; SCHIEMANN, J.; WEHLING, P.; WILHELM, R.; RÜHL, G., 2008: Coexistence in maize: Do non-maize buffer zones reduce gene flow between maize fields? *Crop Sci.* 48: S. 305–316.
38. LUNA, S.; FIGUEROA, V. J.; BALTAZAR, M. B.; GOMEZ, M. R.; TOWNSEND, L. R.; SCHOPER, J. B., 2001: Maize pollen longevity and distance isolation requirements for effective pollen control. *Crop Sci.* 41: S. 1551–1557.
39. MA, B. L.; SUBEDI, K. D.; REID, L. M., 2004: Extent of cross-fertilization in maize by pollen from neighboring transgenic hybrids. *Crop Sci.* 44, S. 1273–1282.
40. MATSUO, K.; AMANO, K.; SHIBAIKE, H.; YOSHIMURA, Y.; KAWASHIMA, S.; UESUGI, S.; MISAWA, T.; MIUARA, Y.; BAN, Y.; OKA, M., 2004: Pollen dispersal and outcrossing in *Zea mays* populations: A simple identification of hybrids detected by xenia using conventional corn in simulation of transgene dispersion of GM corn. Proceedings of the 8th International Symposium on the Biosafety of genetically Modified Organisms, 26. – 30. September 2004, Montpellier, Frankreich, S. 281.
41. MELÉ, E., 2004: Spanish study shows that coexistence is possible. *ABIC* 3, S. 2.
42. MESSEAN, A.; ANGEVIN, F.; GÓMEZ-BARBERO, M.; MENRAD, K.; RODRÍGUEZ-CEREZO, K., 2006: New case studies on the co-existence of GM and non-GM crops in European agriculture. Joint Research Centre (DG JRC). Technical Report Series, EUR 22102 EN, S.1–116. <http://ftp.jrc.es/eur22102en.pdf>.
43. MESSEGUER, J.; PENAS, G.; BALLESTER, J.; BAS, M.; SERRA, J.; SALVIA, J.; PALAUDELMAS, M.; MELÉ, E., 2006: Pollen-mediated gene flow in maize in real situations of coexistence. *Plant Biotechnol. J.* 4, S. 633–645.
44. NARAYANASWAMY, S.; JAGADISH, G. V.; UJINIAH, U. S., 1997: Determination of isolation distance for hybrid maize seed production. *Current Research - University of Agricultural Sciences (Bangalore)* 26, S. 193–195.
45. OECD, 2003: Consensus document on the biology of *Zea mays* subsp. *mays* (maize). ENV/JM/MONO(2003)11, S. 1–49. [http://www.olis.oecd.org/olis/2003doc.nsf/43bb6130e5e86e5fc12569fa005d004c/f70b80eb7cd25728c1256d57003e5f0c/\\$FILE/JT00147699.PDF](http://www.olis.oecd.org/olis/2003doc.nsf/43bb6130e5e86e5fc12569fa005d004c/f70b80eb7cd25728c1256d57003e5f0c/$FILE/JT00147699.PDF).

46. ORTEGA MOLINA, J., 2003: Results of the studies into the coexistence of genetically modified and conventional maize. <http://www.copa-cogeca.be/pdf/9>.
47. –, 2006: The Spanish experience with co-existence after eight years of cultivation of GM maize. Co-existence of genetically modified, conventional and organic crops. Freedom of Choice, Wien, 4. – 6. April 2006. [http://ec.europa.eu/agriculture/events/vienna2006/presentations/Ortega\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/agriculture/events/vienna2006/presentations/Ortega_en.pdf).
48. PAPAŽOVA, N.; MALEF, A.; DEGRIECK, I.; VON BOCKSTAELE, E.; DE LOOSE, M., 2005: DNA extractability from the maize embryo and endosperm – relevance to GMO assessment in seed samples. *Seed Sci. Technol.* 33, S. 533–542.
49. PATERNIANI, E.; STORT, A.C., 1974: Effective maize pollen dispersal in the field. *Euphytica* 23, S. 129–134.
50. PLA, M.; LA PAZ, J. L.; PENAS, G.; GARCIA, N.; PALAUDELMAS, M.; ESTEVE, T.; MESSEGUER, J.; MELÉ, E., 2006: Assessment of real-time PCR based methods for quantification of pollen-mediated gene flow from GM to conventional maize in a field study. *Transgenic Res.* 15, S. 219–228.
51. SALAMOV, A. B., 1940: O prostranstvennoi izoljazii kukuruzy – Über die räumliche Isolierung bei Mais. *Selekcija i semenovodstvo* 3, S. 25–27.
52. SANVIDO, O.; WIDMER, F.; WINZELER, M.; STREIT, B.; SZERENCITS, E.; BIGLER, F., 2005: Koexistenz verschiedener landwirtschaftlicher Anbausysteme mit und ohne Gentechnik. Zürich, Schweiz, Agroscope FAL Reckenholz.
53. SCHIEFER, C., 2007: Auskreuzungsverhalten von Bt-Mais im Exaktversuch und unter Produktionsbedingungen. [http://www.landwirtschaft.sachsen.de/lfi/publikationen/download/3226\\_1.pdf](http://www.landwirtschaft.sachsen.de/lfi/publikationen/download/3226_1.pdf).
54. STEVENS, W.; BERBERICH, S.; SHECKELL, P.; WILTSE, C.; HALSEY, M.; HORAK, M.; DUNN, D., 2004: Optimizing pollen confinement in maize grown for regulated products. *Crop Sci.* 44, S. 2146–2153.
55. TRIFA, Y.; ZHANG, D., 2004: DNA Content in Embryo and Endosperm of Maize Kernel (*Zea mays* L.): Impact on GMO Quantification. *J. Agr. Food Sci.* 52, S. 1044–1048.
56. VAN DE WIEL, C.; DOLSTRA, O.; GROENEFELD, R.; KOK, E.; SCHOLTENS, I.; THISSEN, J.; LOTZ, B.; SMULDERS, R., 2007: Preliminary results of a study on pollen-mediated gene flow in maize under agronomical conditions representative for The Netherlands in 2006. [http://www.biosicherheit.de/pdf/is\\_koex/PRI-RIKILT\\_2007\\_Preliminary\\_results\\_of\\_Dutch\\_coexistence\\_test\\_crops](http://www.biosicherheit.de/pdf/is_koex/PRI-RIKILT_2007_Preliminary_results_of_Dutch_coexistence_test_crops).
57. WATANABE, S.; KAMADA, H.; EZURA, H., 2006: Effect of a special screened greenhouse covered by fine mesh on maize outcrossing. *Plant Biotechnol.* 23, S. 309–316.
58. WATANABE, S.; SANO, T.; KAMADA, H.; EZURA, H., 2006: Efficacy of a special screened greenhouse covered by duplex fine mesh in reducing maize outcrossing. *Plant Biotechnol.* 23, S. 387–394.
59. WEBER, W. E., 2006: Bt-Mais – Landwirte und Handel praktizieren Koexistenz. *Mais* 2, S. 2–4.
60. –, BRINGEZU, T.; BROER, I.; EDER, J.; HOLZ, F., 2007: Coexistence between GM and Non-GM maize crops - Tested in 2004 at the field scale level (Erprobungsanbau 2004). *J. Agron. Crop Sci.* 193, S. 79–92.
61. WEEKES, R.; ALLNUTT, T.; BOFFEY, C.; MORGAN, S.; BILTON, M.; DANIELS, R.; HENRY, C., 2007: A study of crop-to-crop gene flow using farm scale sites of fodder maize (*Zea mays* L.) in the UK. *Transgenic Res.* 16, S. 203–211.
62. WILHELM, R.; MEIER-BETHKE, S.; SCHIEMANN, J., 2005: Ergebnisse und Folgerungen aus den Feldversuchen der BBA zur Auskreuzung von transgenem Mais. *Vorträge für Pflanzenzüchtung* 67, S. 259–266.

Autorenanschrift: Dr. MAREN LANGHOF und Dr. GERHARD RÜHL, Institut für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, Deutschland  
[maren.langhof@fal.de](mailto:maren.langhof@fal.de)  
[gerhard.ruehl@fal.de](mailto:gerhard.ruehl@fal.de)

## Anhang

Tabelle 1. Übersicht der publizierten bzw. im Internet verfügbaren Studien zur Auskreuzung von Mais mit Relevanz für Koexistenz (Feld-neben-Feld Situation)<sup>1)</sup>

Quelle, Land & Versuchsdesign	Nachweis (Merkmal)	Feldgröße (ha)		Isolationsdistanz	Position im Rezipienten <sup>2)</sup>	Auskreuzung (%) <sup>3)</sup>	Windrichtung <sup>4)</sup>	Blüh-syn-chronität <sup>5)</sup>	Ent-fah-nung	Publika-tionstyp
		D	R							
BANNERT, 2006; BANNERT & STAMP, 2007 Schweiz	visuell (Korn-farbe)	k.A.	~0,8	52 m	g.F.	0,0090 <sup>6)</sup>	+	-	nein	Disserta-tion, Journal
				85 m		0,0150 <sup>6)</sup>	+	+		
				105 / 125 m		0,003 /	-	-		
				149 / 150 m		0,0100 <sup>6)</sup>	+	-		
				200 / 287 m		0,016 /	-	-		
				371 m		0,0070 <sup>6)</sup>	+	-		
				402 m		0,009 /	-	-		
				458 m		0,0050 <sup>6)</sup>	+	-		
				4125 / 4440 m		0,0080 <sup>6)</sup>	+	-		
						0,0050 <sup>6)</sup>	+	-		
	0,0002 <sup>6)</sup>									
	0,006 /									
	0,0005 <sup>6)</sup>									
CRUZ DE CAR- VALHO & AL- FARROBA, 2006 Portugal (Praxisschläge)	PCR (Bt-Gen)	1,0	1,8	5 m + 24 MSR	g.F.	0	k.A.	k.A.	nein	Internet-bericht
		8,0	0,5	14 m + 8 MSR		0	+			
		8,0	2,0	18 m + 24 MSR		0,01	-			
		2,2	0,5	8 m + 24 MSR		0	+			
		2,2	2,4	36 m + 24 MSR		0	+			
		29,5	1,0	210 m		0,08	k.A.			
		22,0	k.A.	> 500 m		0	k.A.			
		18,0	4,0	3 m + 24 MSR		0,14	k.A.			
		45,0	35,0	3 m		0	-			



Quelle, Land & Versuchsdesign	Nachweis (Merkmal)	Feldgröße (ha)		Isolationsdistanz	Position im Rezipienten <sup>2)</sup>	Auskreuzung (%) <sup>3)</sup>	Windrichtung <sup>4)</sup>	Blüh-syn-chronität <sup>5)</sup>	Ent-fah-nung	Publika-tionstyp	
		D	R								
DELLA PORTA et al., 2006 Italien	visuell (Korn-farbe)	1,4	4,8	17,5 m	0 m	23,13	k.A.	+	nein	Internet-bericht	
				34,3 m	16 m	0,82					
		2,6	8,8	17,5 m	0 m	3,95					
				34,3 m	17 m	0,35					
		1,1	2,9	9,1 m + 12 MSR	0 m	4,48					
				9,1 m	16 m	1,25	k.A.				
					24 m	2,57					
					0 m	0,15					
					0 m	1,86					
					0 m	0,05					
			24 m	12,87							
			9,1 m	0,31							
EDER, 2006 Deutschland	PCR (Bt-Gen)	> 1	k.A.	50 m	0 m	24,66	+	k.A.	nein	Projekt-bericht	
				20 m	25 m	0,46					
		2	k.A.	50 m	0 m	3,88					
				50 m	25 m	0,05	+				
		1	k.A.	20 m	0 m	0,45					
				20 m	25 m	0,03	+				
				50 m	0 m	8,81					
				30 m	25 m	0,12					
			25 m	0,51							
			25 m	< 0,01							
			0 m	6,19							
			25 m	0,03							

Quelle, Land & Versuchsdesign	Nachweis (Merk- mal)	Feldgröße (ha)		Isolationsdistanz	Position im Rezi- pienten <sup>2)</sup>	Auskreuzung (%) <sup>3)</sup>	Wind- rich- tung <sup>4)</sup>	Blüh- syn- chro- nität <sup>5)</sup>	Ent- fah- nung	Publika- tionstyp
		D	R							
FOUELLASSAR et al., 2007a,b Frankreich (Praxissschläge)	visuell (Korn- form)	43; 3	32; 11	0; 1 m	0-5 m g.F.	0,148; 2,405 0,013; 0,053	-	-	nein	Konfe- renz- beitrag, Poster
		20	35	0 m	0-5 m g.F.	0,512 0,018	-	+		
		30	25	0 m	0-5 m g.F.	0,065 0,017	+	-		
		3	6	1 m	0-5 m g.F.	7,177 0,114	+	+		
		17; 17	27; 39	2; 3 m	0-5 m g.F.	0,171; 3,807 0,015; 0,168	+	-		
		37	40	4 m	0-5 m g.F.	0,067 0,003	-	+		
		3-20	5-55	5-6 m	0-5 m g.F.	0,034-1,049 0,019-0,172	+	-		
		4-6	3-11	5 m	0-5 m g.F.	0,16-0,253 0,001-0,026	-	-		
		0,2; 12	3; 27	10 m	0-5 m g.F.	0,060; 1,887 0,003; 0,015	+	-		
		10-45	17-37	10 m	0-5 m g.F.	0,056-1,599 0,015-0,105	-	-		
		13	35	10 m	0-5 m g.F.	0,239 0,018	+	+		
		3; 11	2; 17	16; 15 m	0-5 m g.F.	0,132; 0,365 0,015; 0,050	+	-		
		3	7	15 m	0-5 m g.F.	0,099 0,008	+	+		
		5	9	20 m	0-5 m g.F.	0,113 0,007	-	+		

Quelle, Land & Versuchsdesign	Nachweis (Merkmal)	Feldgröße (ha)		Isolationsdistanz	Position im Rezipienten <sup>2)</sup>	Auskreuzung (%) <sup>3)</sup>	Windrichtung <sup>4)</sup>	Blüh-syn-chronität <sup>5)</sup>	Ent-fah-nung	Publika-tionstyp
		D	R							
FOUEILLASSAR et al., 2007a,b Frankreich (Praxisschläge)		3; 8	3; 9	50 m	0-5 m g.F.	0,012; 0,083 0,003; 0,007	-	-		
		25	25	50 m	0-5 m g.F.	0,594 0,153	+	+		
		45	37	80 m	0-5 m g.F.	0,386 0,105	±	-		
		20	40	220 m	0-5 m g.F.	0,020 0,003	±	+		
MESSEGUER et al., 2006 Spanien (Praxis-schläge) <sup>7)</sup>	PCR (Bt-Gen)	> 0,5	1,07	k.A.	g.F.	0,00	+	-	nein	Journal
		> 0,5	0,58	k.A.		0,00	+	-		
		> 0,5	4,63	k.A.		0,00	+	+		
		> 0,5	1,89	10; 118 m		0,05	+	+		
		> 0,5	3,56	2; 65; 128 m		0,11	+	+		
		> 0,5	1,10	3; 10; 32; 64 m		1,22	+	+		
		> 0,5	1,50	3; 5; 6; 121; 140 m		1,89	+	+		
		> 0,5	0,50	66 m		0,04	+	+		
		> 0,5	3,08	10; 71; 126; 142; 145 m		0,53	+ -	+		
		> 0,5	0,97	72; 74; 99; 150 m		0,07	+ -	+		
		> 0,5	1,89	2; 92 m		2,29	+ -	+		
		> 0,5	2,55	72; 130; 144 m		0,01	-	+		
PLA et al., 2006 Spanien	PCR (Bt-Gen)	4	~10	10 m	0 m	2,65 - 11,32	+ -	k.A.	nein	Journal
					10 m	0,17 - 0,43				
					20 m	0,13 - 0,64				
					40 m	0 - 0,16				
					80 m	0,05 - 0,14				

*Tabelle 2. Übersicht der publizierten bzw. im Internet verfügbaren Studien zur Auskreuzung von Mais mit eingeschränkter Relevanz für Koexistenz<sup>1)</sup>*

Quelle, Land & Versuchsdesign	Nachweis (Merkmal)	Feldgröße (ha)		Isolationsdistanz	Position im Rezipienten <sup>2)</sup>	Auskreuzung (%) <sup>3)</sup>	Windrichtung <sup>4)</sup>	Blüh-syn-chroni-sation <sup>5)</sup>	Ent-fah-nung	Publika-tionstyp
		D	R							
APROSE, 2004 Spanien F-a-F, F-n-F (Praxisschläge)	PCR (Bt-Gen)	1,28 <sup>8)</sup>	k.A.	mittlere Dis-tanz 0,95 m	0,00 m	16,93 <sup>9)</sup>	k.A.	k.A.	nein	Internet-bericht
					2,25 m	2,73 <sup>9)</sup>				
					5,25 m	1,18 <sup>9)</sup>				
					11,25 m	1,02 <sup>9)</sup>				
BANNERT, 2006 Schweiz F-a-F, F-i-F	visuell (Kornfarbe)	0,13	1,04	keine (F-a-F)	0,0 m	9,77 <sup>6)</sup>	-	+	nein	Disserta-tion
					10,4 m	0,46 <sup>6)</sup>				
					20,0 m	0,01 <sup>6)</sup>				
					50,0 m	0,12 <sup>6)</sup>				
					0,0 m	1,15 <sup>6)</sup>				
					10,6 m	0,2 <sup>6)</sup>				
					25,0 m	<0,1 <sup>6)</sup>				
					41,8 m	0,1 <sup>6)</sup>				
					0,0 m	0,05 <sup>6)</sup>				
					0,8 m	4,2 <sup>6)</sup>				
					12,8 m	<0,5 <sup>6)</sup>				
					24,8 m	<0,2 <sup>6)</sup>				
0,8 m	9,0 <sup>6)</sup>									
12,8 m	<0,5 <sup>6)</sup>									
20,8 m	<0,5 <sup>6)</sup>									





Quelle, Land & Versuchsdesign	Nachweis (Merkmal)	Feldgröße (ha)		Isolationsdistanz	Position im Rezipienten <sup>2)</sup>	Auskreuzung (% <sup>3)</sup> )	Windrichtung <sup>4)</sup>	Blüh-synchronisation <sup>5)</sup>	Ent-fah-nung	Publika-tionstyp
		D	R							
EDER, 2006 Deutschland F-i-F	PCR (Bt-Gen)	> 1	k.A.	keine	50 m 75 m	1,52 0,3	k.A.	+	nein	Projekt-bericht
FABIE, 2004 Frankreich F-n-F	visuell (Kornform)	0,6 7,0 0,8 7,0 4,5 5,5 5,0 1,5 2,5 4,8 12,0 8,0	6,3 0,7 1,4 5,0 2,7 4,0 8,0 3,6 6,3 13,0 9,0 5,5	keine 2 m 2 m 2 m 3 m 3 m 5 m 6 m 8 m 10 m 10 m 25 m	g.F.	0,41 <sup>6)</sup> 0,05 <sup>6)</sup> 0,13 <sup>6)</sup> 0,05 <sup>6)</sup> 0,65 <sup>6)</sup> 0,09 <sup>6)</sup> 0,00 <sup>6)</sup> 0,34 <sup>6)</sup> 0,00 <sup>6)</sup> 0,72 <sup>6)</sup> 0,36 <sup>6)</sup> 0,11 <sup>6)</sup>	k.A.	k.A.	nein	Kolloqui-umsbei-trag, Internet
Goggi et al., 2006 USA F-i-F	visuell (Kornfarbe) ELISA (Bt-Protein) Keimtest (Herbizid-toleranz)	1	36	keine	1 m 10 m 35 m 100 m 150 m 200 m 250 m	30,6; 3,9; 0,7; 0,05; 0,01; 0,00; 47,10 <sup>3)</sup> 4,40 <sup>3)</sup> 0,90 <sup>3)</sup> 0,09 <sup>3)</sup> 0,03 <sup>3)</sup> 0,01 <sup>3)</sup> <0,01 <sup>3)</sup>	+	+	nein	Journal

Quelle, Land & Versuchsdesign	Nachweis (Merkmal)	Feldgröße (ha)		Isolations- distanz	Position im Rezipi- enten <sup>2)</sup>	Auskreuzung (%) <sup>3)</sup>	Wind- rich- tung <sup>4)</sup>	Blüh- syn- chro- nisi- erung <sup>5)</sup>	Ent- fah- nung	Publika- tionstyp
		D	R							
HALSEY et al., 2005 USA F-n-F	visuell (Kornfarbe)	1,2	0,002	24 m	g.F.	0,69	-	+	nein	Journal
				60 m		0,19				
				125 m		0,05				
				254 m		0,01				
				32 m		0,55				
				62 m		0,23				
				123 m		0,08				
				244 m		0,02				
				42 m		0,0034				
				73 m		0,0004				
145 m	0,0002									
285 m	0									
106 m	0,0070									
190 m	0,0009									
318 m	0									
HENRY et al., 2003 & WEEKES et al., 2007 England F-a-F	PCR ( <i>pat</i> -Gen)	~10	~10	keine	25 m 50 m 100 m 150 m 200 m	0,14 <sup>9)</sup>	k.A.	k.A.	nein	Projekt- bericht, Journal
				30 m		0,12 <sup>9)</sup>				
				350 m		0,10 <sup>9)</sup>				
				30 m		0,12 <sup>9)</sup>				
				100 m		0,02 <sup>9)</sup>				
JEMISON & VAYDA, 2001 USA F-n-F	Keimtest (Herbizid- toleranz)	0,35	~0,03	30 m	0 m 10 m 0 m 0 m 10 m 0 m 10 m	1,04	k.A.	k.A.	nein	Journal
				350 m		0,03				
				30 m		0,00				
				100 m		1,65 <sup>15)</sup>				
				0 m		1,14 <sup>15)</sup>				
0 m	0,65 <sup>15)</sup>									
10 m	1,38 <sup>15)</sup>									



Quelle, Land & Versuchsdesign	Nachweis (Merkmal)	Feldgröße (ha)		Isolations- distanz	Position im Rezipi- enten <sup>2)</sup>	Auskreuzung (%) <sup>3)</sup>	Wind- rich- tung <sup>4)</sup>	Blüh- syn- chro- nisi- erung <sup>5)</sup>	Ent- fah- nung	Publika- tionstyp		
		D	R									
JONES & BROOKS, 1950 USA F-n-F	visuell (Kornfarbe und -form)	3,1	0,09	25 m	g.F.	6,99 – 19,17 <sup>(3)</sup>	k.A.	k.A.	nein	Journal		
				75 m		3,64 – 8,60 <sup>(3)</sup>						
				126 m		0,82 – 3,68 <sup>(3)</sup>						
				201 m		0,44 – 2,47 <sup>(3)</sup>						
				302 m		0,15 – 0,99 <sup>(3)</sup>						
JONES & BROOKS, 1952 USA F-n-F	visuell (Kornfarbe und -form)	5,1	1,9	25 m	0 m 10 m 25 m 50 m 101 m	8,1 – 30,6 <sup>(3)</sup>	k.A.	k.A.	nein	Journal		
				(1 – 2 Baumrei- hen zwischen D und R)		1,5 – 14,6 <sup>(3)</sup>						
						2,4 – 10,5 <sup>(3)</sup>						
						0,7 – 4,5 <sup>(3)</sup>						
						0,1 – 2,6 <sup>(3)</sup>						
LANGHOF et al., 2008 Deutschland F-n-F/F-i-F	PCR (Bt-Gen)	1	0,65	12 m (Sonnen- blumen)	0 m 12 m 0 m 12 m 0 m 10 m 0 m 10 m 0 m 12 m 12 m	10,7	+	+	nein	Journal		
				12 m (Klee/Gras)		3,0						
						12,3						
						2,9						
						8,2						
						2,9						
						7,0						
						3,1						
						18,3						
						14,4						
visuell (Kornfarbe)	1	0,65	12 m (Sonnen- blumen)	0 m 12 m 12 m (Klee/Gras)	0 m 12 m 0 m 12 m	33,9	+	+				
											12 m (Klee/Gras)	3,6

Quelle, Land & Versuchsdesign	Nachweis (Merkmal)	Feldgröße (ha)		Isolations- distanz	Position im Rezipi- enten <sup>2)</sup>	Auskreuzung (%) <sup>3)</sup>	Wind- richtung <sup>4)</sup>	Blüh- syn- chroni- sation <sup>5)</sup>	Ent- fah- nung	Publika- tionstyp
		D	R							
LANGHOF et al., 2008 Deutschland F-n-F/F-i-F	PCR (mole- kularer Marker)	1	0,65	13 m (Sonnen- blumen)	0 m	21,8	+	+		
				13 m (Klee/Gras)	12 m	4,9				
					0 m	40,9				
					12 m	2,7	+	+		
					0 m	4,9				
					12 m	0,2				
	0 m	14,1								
	12 m	1,3								
MA et al., 2004 Kanada F-i-F	visuell (Kornfarbe)	0,07	0,93	keine	0,8 m	11,7; 43,4 <sup>13)</sup>	+	+	nein	Journal
					9,9 m	0,5; 1,4 <sup>13)</sup>				
					23,6 m	0,2; 1,2 <sup>13)</sup>				
					36,5 m	0,1; 0,4 <sup>13)</sup>				
					0,8 m	2,1 – 26,3 <sup>13)</sup>	+	+		
					9,9 m	0,1 – 4,6 <sup>13)</sup>				
	23,6 m	0,0 – 0,6 <sup>13)</sup>								
	36,5 m	0,0 – 0,2 <sup>13)</sup>								
MATSUO et al., 2004 Japan F-a-F	visuell (Kornfarbe)	4,5	4,5	keine	1 m	32,0 – 43,20	k.A.	k.A.	nein	Tagungs- bericht
					50 m	1,20				
					100 m	0,23				
					200 m	0,06				
					400 m	0,04				

Quelle, Land & Versuchsdesign	Nachweis (Merkmal)	Feldgröße (ha)		Isolationsdistanz	Position im Rezipienten <sup>2)</sup>	Auskreuzung (%) <sup>3)</sup>	Windrichtung <sup>4)</sup>	Blüh-synchronisation <sup>5)</sup>	Ent-fah-nung	Publika-tionstyp
		D	R							
MELÉ, 2004 Spanien F-i-F (Teilschlagbe-trachtung vgl. Spalte 6)	PCR (Bt-Gen)	0,25	7,25	keine	g.F.	R = 0,25 ha: 1,77; R = 0,25 ha (separate Ernte der ersten 6 m): 0,77; R = 1 ha: 0,83	+	k.A.	nein	Zeit-schrift
ORTEGA MOLINA, 2003 & ORTEGA MOLINA, 2006 Spanien F-a-F, F-i-F, F-n-F (teilweise Pra-xisschläge)	PCR (Bt-Gen)	k.A.	k.A.	k.A. (Praxisschläge)	g.F.  2 m 9 m 22 m 40 m 90 m 140 m 190 m 291 m 340 m	0,05 – 0,30 <sup>10)</sup>  6,00 1,43 0,57 0,45 0,20 0,07 0,07 0,02 0,05	k.A.  k.A.	k.A.  k.A. (R 6 Tage nach D gedrillt)	nein	Konfe-renz-beitrag, Internet-bericht
		0,19	1,95	keine (F-i-F)	2 m 9 m 22 m 40 m 90 m 140 m	16,40 0,58 0,17 0 0 0	k.A.	k.A.		
	visuell (Kornfarbe)	k.A.	k.A.	50 m + 4 MSR (F-n-F)	g.F.	0,14	k.A.	k.A.		

Quelle, Land & Versuchsdesign	Nachweis (Merkmal)	Feldgröße (ha)		Isolations- distanz	Position im Rezipi- enten <sup>2)</sup>	Auskreuzung (%) <sup>3)</sup>	Wind- rich- tung <sup>4)</sup>	Blüh- syn- chroni- sation <sup>5)</sup>	Ent- fah- nung	Publika- tionstyp
		D	R							
PLA et al., 2006 Spanien F-a-F	PCR (Bt-Gen)	4	~10	keine	0 m 10 m 20 m 40 m 80 m	9,86 - 13,43 0,40 - 3,67 0,26 - 0,81 0,19 - 0,73 0,07 - 0,21	+ -	k.A.	nein	Journal
SCHIEFER, 2007 Deutschland F-n-F	PCR (Bt-Gen)	k.A.	0,42- 0,64	k.A.	25 m 50 m 75 m 100 m 150 m	~0,47 <sup>(8)</sup> ~0,17 <sup>(8)</sup> ~0,13 <sup>(8)</sup> ~0,10 <sup>(8)</sup> <0,10 <sup>(8)</sup>	+	k.A.	nein	Internet- bericht
WEBER et al. 2006 Deutschland F-n-F (Praxissschläge)	PCR (Bt-Gen)	k.A.	k.A.	20 bis > 100 m	g.F.	< 0,9 - 4,12 <sup>(2)</sup>	k.A.	k.A.	nein	Zeit- schrift

Quelle, Land & Versuchsdesign	Nachweis (Merkmal)	Feldgröße (ha)		Isolationsdistanz	Position im Rezipienten <sup>2)</sup>	Auskreuzung (% <sup>3)</sup> )	Windrichtung <sup>4)</sup>	Blüh-syn-chroni-sation <sup>5)</sup>	Ent-fah-nung	Publika-tionstyp	
		D	R								
WEBER et al., 2007 Deutschland F-i-F	PCR (Bt-Gen)	Körnermais	k.A.	keine	10 – 20 m 20 – 30 m 50 – 60 m	0,84 – 3,86 <sup>(2)</sup> 0,13 – 0,96 <sup>(2)</sup> 0,04 – 0,44 <sup>(2)</sup>	k.A.	+	nein	Journal	
											1,8 bis 18,3
		0,3 bis 23,0	k.A.								
					Liesch-Kol-ben-Schrot						
		6,2	k.A.								
10 – 20 m 20 – 30 m 50 – 60 m	k.A.			+	k.A.	nein	Bericht vorläu-figer Er-gebnisse (Internet)				
		9,76 <sup>(2)</sup> 0,71 <sup>(2)</sup> 0,13 <sup>(2)</sup>									
g.F.	25 m 250 m		<0,01 – 0,296 0 – 0,040	k.A.	k.A.	nein					
		1 1					1 0,25				
VAN DE WIEL et al., 2006 Niederlande F-n-F	PCR (Bt-Gen)		1 1	0,25	25 m 250 m	g.F.		<0,01 – 0,296 0 – 0,040	k.A.	k.A.	nein
		1 1					0,25				

Quelle, Land & Versuchsdesign	Nachweis (Merkmal)	Feldgröße (ha)		Isolations- distanz	Position im Rezipi- enten <sup>2)</sup>	Auskreuzung (%) <sup>3)</sup>	Wind- rich- tung <sup>4)</sup>	Blüh- syn- chro- nisation <sup>5)</sup>	Ent- fah- nung	Publika- tionstyp
		D	R							
WILHELM et al., 2005; persönliche Mittelung Deutschland F-i-F, F-n-F	Keimtest (Herbizid- toleranz)	1	> 4	keine (F-i-F)	3 m	8,3; 17,2 <sup>3)</sup>	+	k.A.	nein	Journal, persön- liche Mittelung vorläufiger Ergebnisse
					13,5 m	0,7; 1,6 <sup>3)</sup>				
					25,5 m	0,9				
					49,5 m	0,2; 0,4 <sup>1)</sup>				
					100,0 m	0,1				
					0 m	1,05				
					10 m	0,04				
					20 m	0,21				
					40 m	0,10				
					0 m	0,63				
					10 m	0,08				
					20 m	0,11				
					40 m	0,28				
					0 m	0,44				
10 m	0									
20 m	0,31									
0 m	0,36									
10 m	0,20									
0 m	0,20									
10 m	0									

Tabelle 3 Übersicht der publizierten bzw. im Internet verfügbaren Studien zur Auskreuzung von Mais ohne Relevanz für Koexistenz<sup>1)</sup>

Quelle, Land & Versuchsdesign	Nachweis (Merkmal)	Feldgröße (ha)		Isolationsdistanz	Position im Rezipienten <sup>2)</sup>	Auskreuzung (%) <sup>3)</sup>	Windrichtung <sup>4)</sup>	Blüh-syn-chroni-tät <sup>5)</sup>	Ent-fah-nung	Publikati-onstyp	
		D	R								
AGES, 2006 Österreich F-n-F (Donoren sind Praxisschläge)	visuell (Kornansatz)	k.A.	0,19 bis 2,48	0 – 404 m <sup>7)</sup>	g.F.	4,5 – 97,5	+–	+	ja	Projekt-bericht	
		k.A.	2,25	110 & 150 m	g.F.	2,5 <sup>16)</sup>	–	+–	nein		
		k.A.	1,69	21, 53 & 130 m		2,8 <sup>16)</sup>	+	+–			
		k.A.	1,32	5 m		1,8 <sup>16)</sup>	–	+			
		k.A.	2,52	5 & 146 m		5,4 <sup>16)</sup>	+	+–			
k.A.	0,85	0, 83 & 290 m		5,9 <sup>16)</sup>	+–	+–					
BAKTASH, 1984 Irak F-n-F	visuell (Kornfarbe)	k.A. <sup>17)</sup>	k.A. <sup>17)</sup>	0 m	k.A.	12,00;	k.A.	k.A.	nein	Journal	
				100 m		99,33 <sup>13)</sup>					
BATEMAN, 1947 USA F-a-F	visuell (Kornform)	0,001	2 Reihen	keine		2,33; 26,00 <sup>13)</sup>					
						0,67; 9,00 <sup>13)</sup>					
						0,00 <sup>13)</sup>					
BURRIS, 2001 USA F-n-F	Elektrophorese (Genotyp-Nachweis)	k.A.	0,4 -> 73	51 - 75 m	0,6 m	70,1	+	+	nein	Journal	
				51 - 75 m	9,2 m	6,1					
				76 - 125 m	21,4 m	1,6					
				76 - 125 m	25,6 m	0,0					
CHILCUTT & TABASHNIK, 2004 USA F-a-F	ELISA (Cty1Ab)	0,006	0,027	keine	35 m	2,79	k.A.	k.A.	ja	Internet-bericht	
					200 m	1,79					
						1,62					
				76 - 125 m	1,11						
				keine	0,0 m	~30; 40 <sup>12; 18)</sup>	k.A.	k.A.	nein	Journal	
					14,5 m	~4; 5 <sup>12; 18)</sup>					
					22,3 m	~0; 2 <sup>12; 18)</sup>					

Quelle, Land & Ver- suchsdesign	Nachweis (Merkmal)	Feldgröße (ha)		Isolationsdistanz	Position im Rezipienten <sup>2</sup>	Auskreuzung (%) <sup>3)</sup>	Wind- rich- tung <sup>4)</sup>	Blüh- syn- chro- ni- tät <sup>5)</sup>	Ent- fah- nung	Publikati- onstyp
		D	R							
DAS, 1983 Indien F-n-F	visuell (Kornansatz)	k.A.	k.A.	50 m 100 m 150 m 200 m 300 m	k.A.	51,00 11,00 1,50 0,02 0,00	k.A.	k.A.	ja	Journal- kurzfas- sung
FELSOT, 2002 USA F-n-F	visuell (Kornfarbe)	~4	k.A.	201 m 275 m	k.A.	0,030 0,001	+	k.A.	ja	Zeitschrift
GARCIA et al., 1998 Mexiko F-n-F	visuell (Kornfarbe)	ein- zelne Reihen	einzelne Reihen	> 184 m	k.A.	< 0,1	k.A.	k.A.	nein	Journal
GOGGI et al., 2007 USA F-i-F	visuell (Kornfarbe) ELISA (Bt-Protein) Keimtest (Herbizidtoler- ranz)	1	36	keine	1 m 10 m 35 m 100 m 150 m 200 m	64,2 12,1 3,3 0,4 0,1 0,06	+	+	ja <sup>19)</sup>	Journal
HAEGELE & PETERSON, 2007 USA F-a-F	visuell (Kornfarbe)	4 Rei- hen	k.A.	keine	0,8 m 9,1 m 12,2 m	15,89 0,17 0,06 einzelne Kolben: max. 90,00 max. 8,67 max. 2,00	+	+	nein	Journal
		4 Rei- hen	k.A.	keine	0,8 m 9,9 m 22,1 m		+	+		



Quelle, Land & Versuchsdesign	Nachweis (Merkmal)	Feldgröße (ha)		Isolationsdistanz	Position im Rezipienten <sup>2</sup>	Auskreuzung (% <sup>3</sup> )	Windrichtung <sup>4</sup>	Blüh-syn-chroni-tät <sup>5</sup>	Ent-fah-nung	Publikati-onstyp
		D	R							
HASKELL & DOW, 1951 USA F-a-F	visuell (Kornansatz)	121 Pfl.	88 Pfl.	keine	18 m	10	k.A.	entfällt	ja	Journal
IRELAND et al., 2006 USA, Kanada F-n-F	Stärkegel-Elektrophorese (Isoenzym-Analyse)	4 - 129	6,5 bis 249	< 100 m 100 m > 100 m < 100 m 100 m > 100 m	2 - 36 m 2 - 36 m 2 - 36 m 200 m 200 m 200 m	1,79 <sup>9)</sup> 1,15 <sup>9)</sup> 1,05 <sup>9)</sup> 0,97 <sup>9)</sup> 1,16 <sup>9)</sup> 0,64 <sup>9)</sup>	k.A.	+	ja	Journal
LUNA et al., 2001 Mexiko F-n-F	visuell (Korn- und Blattfarbe)	0,4	0,001	100 m 150 m 200 m 300 m	k.A.	1 Korn 1 Korn 1 Korn 0	k.A.	+	nein	Journal
NARAYA-NASWAMY et al., 1997 Indien F-n-F	visuell (Kornfarbe)	0,09	0,015	100 m 200 m 300 m	g.F.	2,80; 2,89 <sup>(13)</sup> 0,48; 0,50 <sup>(13)</sup> 0,14; 0,15 <sup>(13)</sup>	+	entfällt	ja	Journal
PATERNIANI & STORT, 1974 Brasilien F-a-F	visuell (Kornfarbe)	1 Pfl.	0,03 bis 0,16	keine	1 m 10 m 20 m	0,000 - 4,110 <sup>(2; 13)</sup> 0,007 - 0,034 <sup>(2; 13)</sup> 0,008 - 0,012 <sup>(2; 13)</sup>	k.A.	k.A.	nein	Journal

Quelle, Land & Ver- suchsdesign	Nachweis (Merkmal)	Feldgröße (ha)		Isolationsdistanz	Position im Rezipienten <sup>2</sup>	Auskreuzung (%) <sup>3)</sup>	Wind- rich- tung <sup>4)</sup>	Blüh- syn- chro- ni- tät <sup>5)</sup>	Ent- fah- nung	Publikati- onstyp
		D	R							
SALAMOV, 1940 Russland F-n-F	visuell (Kornfarbe)	2	10	k.A.	12 m	3,30 <sup>20)</sup>	k.A.	k.A.	nein	Journal
					50 m	0,33 <sup>20)</sup>				
					100 - 200 m	0,25 - 0,54 <sup>20)</sup>				
					400 m	0,02 <sup>20)</sup>				
STEVENS, 2004 USA F-n-F	PCR (Bt-Gen, Herbi- zidtoleranz)	4	4 Reihen	200 m  300 m	500 m	0,08 <sup>20)</sup>	+	+	ja	Journal
					600 m	0,79 <sup>20)</sup>				
					700 m	0,18 <sup>20)</sup>				
					800 m	0,21 <sup>20)</sup>				
WATANABE et al., 2006a&b Japan F-a-F	visuell (Kornfarbe)	0,01	0,14	keine (Donor unter Gaze, 1 mm Maschenweite)	g.F.	0,005 - 0,030 <sup>21)</sup>	k.A.	+	nein	Journal
					0,0 m	32,8				
					6,3 m	1,0				
					9,2 m	1,0				
		0,01	0,14	keine	11,9 m	1,0				

Abkürzungen in den Tabellen 1 bis 3:

**F-n-F:** Feld-neben-Feld, **F-a-F:** Feld-an-Feld, **F-i-F:** Feld-in-Feld, **D:** Donor-Mais, **R:** Rezipienten-Mais, **g.F.:** Auskreuzungsrate für gesamtes Rezipienten-Feld, **MSR:** Mantelsaatreihen an GV-Feldkante, **k.A.:** keine Angaben.

*Fußnoten in den Tabellen 1 bis 3:*

- <sup>1)</sup> Hinweise: Teilweise wird nur eine repräsentative Auswahl der Versuchsergebnisse wiedergegeben; wenn möglich und sinnvoll wurden die Daten zusammengefasst (Wiederholungen, Standorte etc.); enthält eine Spalte nur eine Angabe, gilt diese für die gesamte Spalte.
- <sup>2)</sup> Abstand von Donor zugewandter Feldkante des Rezipienten, bei Test mehrerer Feldtiefen Darstellung ausgewählter Tiefen (0, 10, 25, 50, 100, 150, 200, 300 m).
- <sup>3)</sup> Bei Test mehrerer Himmelsrichtungen (z. B. Feld-in-Feld-Design) Darstellung der Himmelsrichtung mit höchster Auskreuzungsrate.
- <sup>4)</sup> Windrichtung während der Blühphase des Donors und des Rezipienten: +: Wind weht von Donor in Richtung Rezipient, -: Wind weht nicht in Richtung Rezipient oder Wind weht parallel zur Feldkante des Rezipienten.
- <sup>5)</sup> Blühsynchronität (Gleichzeitigkeit von Pollenschüttung im Donor und weiblicher Blüte im Rezipienten): +: gegeben, -: nicht gegeben.
- <sup>6)</sup> Alle Auskreuzungsraten von Autoren der Studie halbiert.
- <sup>7)</sup> Rezipientenfelder sind z. T. von mehreren gv-Praxisschlägen umgeben (vgl. Angabe Isolationsdistanz).
- <sup>8)</sup> Mittlere Größe der Donor-Schläge.
- <sup>9)</sup> Mittelwert über alle Versuchsjahre und Versuchsfelder.
- <sup>10)</sup> Die Rezipientenfeldgröße betrug insgesamt 2,1 ha; eine Feldhälfte (1,1 ha) grenzte unmittelbar an den Donor (F-a-F), der Abstand zwischen der anderen Feldhälfte (1 ha) und dem Donor betrug 10 m (F-n-F).
- <sup>11)</sup> Die Gesamtgröße des Rezipienten betrug ca. 10 ha; es wurde der gv-Gehalt einzelner 2 ha-Teilflächen berechnet (F-i-F).
- <sup>12)</sup> Zwei durch Semikolon getrennte Werte: Werte für zwei Versuchsstandorte; zwei durch Bindestrich getrennte Werte: Wertebereich für > 2 Versuchsstandorte.
- <sup>13)</sup> Zwei durch Semikolon getrennte Werte: Werte für zwei Versuchsjahre; zwei durch Bindestrich getrennte Werte: Wertebereich für > 2 Versuchsjahre.
- <sup>14)</sup> Alle Auskreuzungsraten von Autoren der Studie verdoppelt.
- <sup>15)</sup> 0,16 % GV-Anteil im konventionellen Saatgut im Jahr 2000.
- <sup>16)</sup> Rezipienten-Saatgut zu 1,5 % mit Donor verunreinigt.
- <sup>17)</sup> Angaben zu Feldgrößen ungenau: Donor 40 Reihen, keine weiteren Angaben; Rezipientenplots 10 Reihen, keine weiteren Angaben.
- <sup>18)</sup> Daten aus Grafik abgelesen, daher Angabe ungefährender Werte.
- <sup>19)</sup> Entfärbung des Rezipienten zu 75 %.
- <sup>20)</sup> Anmerkung des Autors der Studie: Xenienbildung (d.h. die Ausbildung von gelben Körnern) wurde im Rahmen von Feldprüfungen auch in der verwendeten weißkörnigen Rezipientensorte beobachtet.
- <sup>21)</sup> Auskreuzung der zu 87,5 % entfärbten Donor-Linie „7054“.

# Wettbewerbsfähigkeit des Zuckerrübenanbaus in Österreich nach der Reform der EU-Zuckermarktordnung

Von LEOPOLD KIRNER, Wien

## 1 Einleitung

Im Juli 2004 legte die Europäische Kommission die Eckpunkte einer grundlegenden Reform der EU Zuckermarktordnung dar (vgl. 9). Die anschließende Diskussion verlief vor dem Hintergrund eines zunehmenden internationalen Drucks (vgl. 7). Am 22. Juni 2005 veröffentlichte die Kommission Legislativvorschläge zur Reform der EU-Zuckermarktordnung (vgl. 10). Dieser Vorschlag sah unter anderem eine ca. 40 %ige Kürzung der institutionellen Zuckerpreise vor. Nach langen und intensiven Verhandlungen beschloss der Agrarministerrat am 24. November 2005 die Reform des europäischen Zuckermarktes. Der Referenzpreis für Zucker wird in zwei Schritten um 36 %, der Mindestpreis für Zuckerrüben in vier Schritten um 39,4 % gesenkt. Zum Ausgleich wird eine Kompensationszahlung gewährt, die Anpassung der Produktion an die Erfordernisse des Marktes soll durch die Einrichtung eines Umstrukturierungsfonds erreicht werden (vgl. 3). Der Umstrukturierungsfonds führte jedoch nicht zur gewünschten Verringerung des Zuckeraufkommens in der EU, wodurch Anpassungen zur Zuckermarktreform 2005 notwendig wurden. Durch verbesserte Beihilferegulungen soll der Ausstieg aus der Zuckerproduktion in Produktion und Verarbeitung lukrativer werden.

Vor diesem Hintergrund wird analysiert, wie sich die Reform nach heutigem Stand des Wissens in Österreich auswirken könnte. Die vorliegende Arbeit prüft die Wettbewerbsstellung des Zuckerrübenanbaus nach vollständiger Umsetzung der Reform und analysiert deren Folgen auf Anbau und Rentabilität in österreichischen Rübenbaubetrieben.

## 2 Zuckerrübenanbau in der EU und in Österreich

Die Zuckerproduktion der EU-25 lag im Jahr 2004 bei 19,5 Mio. t, Österreich hatte davon einen Anteil von 2,3 % (450 000 t). Frankreich, Deutschland und Polen produzierten zusammen etwa die Hälfte des Zuckers in der EU-25. Im gleichen Jahr zählte die EU-25 rund 325 000 Zuckerrübenzüchter, davon kamen 9500 Betriebe oder knapp 3 % aus Österreich. In der EU-25 wurden im Jahr 2004 im Durchschnitt 9,14 t Weißzucker je ha geerntet. In Österreich lag der entsprechende Wert bei 10,2 t, nur Betriebe in Frankreich, Belgien und den Niederlanden lagen darüber (vgl. 2).

Die Strukturentwicklung des Zuckerrübenanbaus in Österreich von 1980 bis 2006 zeigt Tabelle 1. Die Zahl der Zuckerrübenbetriebe nahm in diesem Zeitraum von knapp 15 000 auf knapp 9000 ab, die Zuckerrübenfläche je Betrieb erhöhte sich im gleichen Zeitraum um etwa ein Hektar je Betrieb. Die Zuckerrübenfläche nahm in Österreich von 1980 bis 2006 um insgesamt mehr als 11 000 ha ab (vgl. 4).

Tabelle 1. Entwicklung des Zuckerrübenanbaus in Österreich von 1980 bis 2006

Kennzahl	Einheit	1980	1995	2000	2004	2006
Betriebe mit Zuckerrüben	Zahl	14 883	12 144	10 804	9 493	8 931
Zuckerrübenfläche	ha	50 731	51 643	42 982	44 737	39 394
Zuckerrübenfläche/Betrieb	ha	3,41	4,25	3,98	4,71	4,41
Zuckerrübenernte	Mio. kg	2 587	2 948	2 634	2 902	2 493
Zuckerrübenenertrag	t/ha	51,0	57,1	61,5	64,9	63,3
Weißzuckerertrag	Mio. kg	420	443	411	458	408

Quelle: (4)

### 3 Reform der EU-Zuckermarktordnung

#### 3.1 Hintergrund

Reformbedarf wurde vor allem durch drei Vorgänge ausgelöst: das WTO-Panel zu AKP- (Abkommen mit Ländern aus Afrika, der Karibik und dem Pazifik) und C-Zucker, das EBA-Abkommen (everything but arms – alles außer Waffen) und der Abschluss der Doha-Runde. Ohne Reform der Zuckermarktordnung hätten die Quoten im Lauf der Zeit deutlich zurück genommen werden müssen, weil die oben genannten Vorgänge die Exportmöglichkeiten der EU drastisch reduziert hätten und demgegenüber die Importe in die EU angestiegen wären. Durch eine drastische Senkung des Zuckerpreises soll den Entwicklungsländern der Anreiz genommen werden, Produktions- und Verarbeitungskapazitäten aufzubauen und aufrecht zu erhalten, die vorrangig auf den Präferenzzugang zum ansonsten hoch geschützten EU-Markt ausgerichtet sind. Dadurch sollten die Importe in die EU nicht weiter ansteigen. Außerdem soll durch die Preissenkung erreicht werden, dass die EU-Zuckermarktordnung besser mit einem künftigen WTO-Abschluss vereinbar ist (vgl. 8).

#### 3.2 Wesentliche Inhalte der Reform 2005

Die EU-Zuckerregelung wird bis zum Ende des Wirtschaftsjahres 2014/15 verlängert. Der Beginn des Zuckerwirtschaftsjahres wird ab 2006 vom 1. Juli auf den 1. Oktober verlegt. Die derzeitige Quotenregelung wird vereinfacht, indem die A- und die B-Quote zu einer einzigen Quote zusammengefasst werden. Mitgliedstaaten, die bis jetzt C-Zucker erzeugten, können Quoten in Höhe von insgesamt 1 Mio. t käuflich erwerben (18 436 t für Österreich). Für den Überquotenzucker soll in Österreich eine Schiene für Industriezucker aufgebaut werden, die Zuckerindustrie schätzt ein Potenzial von rund 10 % der heimischen Zuckerquote.

Der Interventionspreis wird durch einen Referenzpreis für Zucker ersetzt, der in zwei Schritten von 631,9 auf 404,4 € pro t gesenkt wird (-36 %). Der Mindestpreis für Zuckerrüben wird ausgehend vom gewichteten Durchschnitt der EU-15 von 43,63 € pro t in vier Schritten auf 26,3 € pro t reduziert (16 % Zuckergehalt), was einem Rückgang von 39,4 % entspricht. Vom geschätzten Einkommensverlust sollen 60 % (2006 und 2007) bzw. 64 % (ab 2008) aus dem nationalen Finanzrahmen der Mitgliedstaaten ausgeglichen werden.

In der Zuckermarktreform 2005 wird eine neue, freiwillige und befristete Umstrukturierungsregelung für den EU-Zuckersektor vorgeschlagen, die über vier Wirtschaftsjahre laufen sollte (2006 bis 2009). Mit Hilfe des Umstrukturierungsfonds sollen erstens we-

niger wettbewerbsfähigen Erzeugern Anreize zur Aufgabe der Produktion gegeben werden, zweitens Mittel zur Bewältigung der sozialen und ökologischen Auswirkungen von Fabrikschließungen und drittens Mittel für die am meisten betroffenen Regionen bereitgestellt werden. Finanziert wird diese Regelung, indem drei Jahre lang auf allen Quoten für Süßungsmittel ein spezifischer, mengen bezogener Betrag eingehoben wird. Der Umstrukturierungsbetrag wird für 2006/07 auf 126,40 €/t, für 2007/08 auf 173,80 €/t und für 2008/09 auf 113,30 €/t festgelegt. Diese Regelung sieht eine hohe, degressive, mengen bezogene Beihilfe vor, die nur den Zuckerfabriken, den Isoglucose- und den Inulinsirupherzeugern in der EU gewährt wird, die die Erzeugung einstellen wollen. Die Beihilfe wird für das erste Jahr auf 730 €/t Quote festgesetzt und sinkt bis zum vierten Jahr schrittweise auf 520 €/t.

Tabelle 2 fasst die wichtigsten Eckdaten zu institutionellen Preisen und Beträgen im EU-Zuckersektor zusammen (für weiterführende Informationen siehe 3).

*Tabelle 2. Institutionelle Preise und Beträge im EU-Zuckersektor nach der Reform*

	bis 2005	2006	2007	2008	ab 2009
Referenzpreis für Konsumenten (€/t)	631,9	631,9	631,9	541,5	404,4
Referenzpreis Zuckerindustrie (€/t)	631,9	505,5	458,1	428,2	404,4
Umstrukturierungsbetrag (€/t)	–	126,4	173,8	113,3	–
Mindestpreis für Zuckerrüben (€/t)	43,6	32,9	29,8	27,8	26,3
Senkung des Mindestpreises (%)	–	24,7	31,7	35,9	39,4

Quelle: (3)

### 3.3 Anpassungen der Zuckermarktreform 2005

Da der Umstrukturierungsfonds im Jahr 2006 und 2007 das Angebot an Zucker in der EU nicht wesentlich senkte, wurden in einer Mitteilung der Kommission vom 7. Mai 2007 wirksamere Maßnahmen im Rahmen der Umstrukturierungsregelung zur Mengensteuerung in der EU vorgeschlagen (vgl. 11). Die Kommission bietet verbesserte Beihilfebedingungen bei Kürzung oder Verzicht des Rübenanbaus bzw. der Rübenverarbeitung, wobei auch wettbewerbsfähige Mitgliedstaaten wie Österreich oder Deutschland vor dem Anbau 2008 Quoten zurückgeben müssen. In Österreich wird die einzelbetriebliche Quote ab 2008 um 13,5 % gekürzt, als Kompensation erhalten die Landwirte einmalig 258,9 €/t Weißzucker.

## 4 Methode

### 4.1 Datengrundlage

Die folgende Analyse stützt sich schwerpunktmäßig auf zwei Datenquellen. Zum einen auf Schlag bezogene Aufzeichnungen über den Zuckerrübenanbau von Betrieben der bundesweiten Arbeitskreisberatung. Im Jahr 2006 konnten 117 Betriebe ausgewertet werden, je Betrieb wurden durchschnittlich ca. sechs Hektar Zuckerrüben angebaut und etwa 65 t Zuckerrüben je ha geerntet. Zum anderen verwendet die vorliegende Arbeit Buchführungsabschlüsse der Betriebe aus dem österreichischen Testbetriebsnetz für den Grünen

Bericht. Von 287 Betrieben mit Zuckerrüben liegen Datensätze aus 2003 und 2004 vor. Die Daten beider Jahre werden gemittelt und die Ergebnisse entsprechend dem einzelbetrieblichen Betriebsgewicht hochgerechnet. Die Buchführungsbetriebe in der Stichprobe repräsentieren knapp 9000 Betriebe und rund 40 000 ha Zuckerrübenfläche.

## 4.2 Kalkulationsgrundlage

Die Situation vor der Reform (bis einschließlich 2005) wird mit jener der vollständigen Umsetzung der Reform ab 2009 verglichen. Der Mindestpreis für Zuckerrüben wird laut Reform gesenkt, die Nebenleistungen und der Systemkostenbeitrag laut Branchenvereinbarung angepasst (vgl. 5). Die Nebenleistungen werden von 3,34 auf 2,54 € pro t gekürzt, weil die Rübenmarktvergütung und die Qualitätssicherungsprämie komplett gestrichen, die Lagerverlustabgeltung um 50 % und die Erlöse für Trockenschnitte reduziert werden. Der Systemkostenbeitrag (Verluste am Lager) wird proportional zur Preissenkung verringert und eine Produktionsabgabe für Quotenrüben eingeführt (6 €/t Weißzucker). Alle weiteren variablen Kosten bleiben unverändert. Als Einkommensausgleich wird in Österreich je Tonne A- bzw. B-Zuckerquote ein bestimmter Betrag als entkoppelte Prämie gezahlt, ab 2009 sind es 97,2 € je t A-Weißzucker und 32,9 € je t B-Weißzucker (vgl. 6). Vom Einkommensausgleich werden 5 % (ab 2007) für die Modulation sowie 1,3 % zur Bedienung der nationalen Reserve abgezogen. Eine Zusammenstellung der Kalkulationsgrundlagen liefert Tabelle 3.

Tabelle 3. Annahmen zu Preisen, Nebenleistungen, Systemkosten und Prämien

Bezeichnung	Einheit	Vor der Reform	Nach der Reform			
			2006	2007	2008	ab 2009
Preis für Zuckerrübe*	€/t	55,46	41,82	37,88	35,34	33,42
Nebenleistungen	€/t	3,34	2,54	2,54	2,54	2,54
Systemkostenbeitrag	€/t	2,26	1,70	1,54	1,45	1,37
Einkommensausgleich	€/t A-Zuckerquote		55,9	72,2	88,5	97,2
	€/t B-Zuckerquote		18,9	24,5	30,0	32,9

\* 17,5 % Zuckergehalt inkl. Mehrwertsteuer. Der Preis in der Ausgangssituation stellt den gewichteten Durchschnitt aus A- und B-Rüben dar (81 % A- und 19 % B-Rüben).

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Wettbewerbsstellung der Zuckerrübe nach der Reform

#### 5.1.1 Deckungsbeitrag je ha

Tabelle 4 präsentiert die Berechnung des Deckungsbeitrags auf Basis der 117 Arbeitskreisbetriebe, getrennt für das Trocken- und Feuchtgebiet<sup>1)</sup> sowie für Quoten- und Industrierüben. Der Deckungsbeitrag je ha Quotenrübe halbiert sich demnach als Folge der Reform. Die Industrierübe erwirtschaftet einen um etwa 400 € (Trockengebiet) bzw. etwa 500 € (Feuchtgebiet) niedrigeren Deckungsbeitrag. Zieht man vom Deckungsbeitrag die fixen Maschinenkosten ab (bei Lohnernte der Zuckerrübe im Schnitt der Betriebe 130 €), errechnet sich der Vergleichsdeckungsbeitrag. Dieser dient für Vergleiche mit anderen

Kulturen bei unterschiedlichen fixen Maschinenkosten (für Mähdruschkulturen in Abb. 1 wurden 80 € an fixen Maschinenkosten kalkuliert).

*Tabelle 4. Deckungsbeitrag je ha Zuckerrübe vor und nach der Reform nach Trocken- und Feuchtgebiet*

Bezeichnung	Einheit	Trockengebiet			Feuchtgebiet		
		vor der Reform	Nach Reform		vor der Reform	Nach Reform	
			Quotenrübe	Industrierübe		Quotenrübe	Industrierübe
Zuckerrübenenertrag	t/ha	62,5	62,5	62,5	72,5	72,5	72,5
Zuckerrübenpreis	€/t	55,46	33,42	25,41	55,46	33,42	25,41
Leistung Zuckerrübe	€/ha	3 466	2 089	1 588	4 021	2 423	1 842
Nebenleistungen	€/ha	209	159	159	184	184	184
ÖPUL-Prämie <sup>1</sup>	€/ha		150	150		150	150
<b>Leistungen</b>	<b>€/ha</b>	<b>3 675</b>	<b>2 398</b>	<b>1 897</b>	<b>4 205</b>	<b>2 757</b>	<b>2 176</b>
Betriebsmittel	€/ha	531	531	531	582	582	582
Systemkostenbeitrag	€/ha	141	86	86	164	99	99
Produktionsabgabe	€/ha		48			56	
Hagelversicherung	€/ha	20	20	20	20	20	20
Var. Maschinenkosten	€/ha	124	124	124	135	135	135
Lohnmaschinen	€/ha	300	300	300	300	300	300
<b>Variable Kosten</b>	<b>€/ha</b>	<b>1 116</b>	<b>1 109</b>	<b>1 060</b>	<b>1 201</b>	<b>1 192</b>	<b>1 136</b>
<b>Deckungsbeitrag (DB)</b>	<b>€/ha</b>	<b>2 559</b>	<b>1 289</b>	<b>836</b>	<b>3 004</b>	<b>1 565</b>	<b>1 040</b>
Fixe Maschinenkosten	€/ha	130	130	130	130	130	130
<b>Vergleichs-DB</b>	<b>€/ha</b>	<b>2 429</b>	<b>1 159</b>	<b>706</b>	<b>2 874</b>	<b>1 435</b>	<b>910</b>

1 ÖPUL = Österreichisches Umweltprogramm

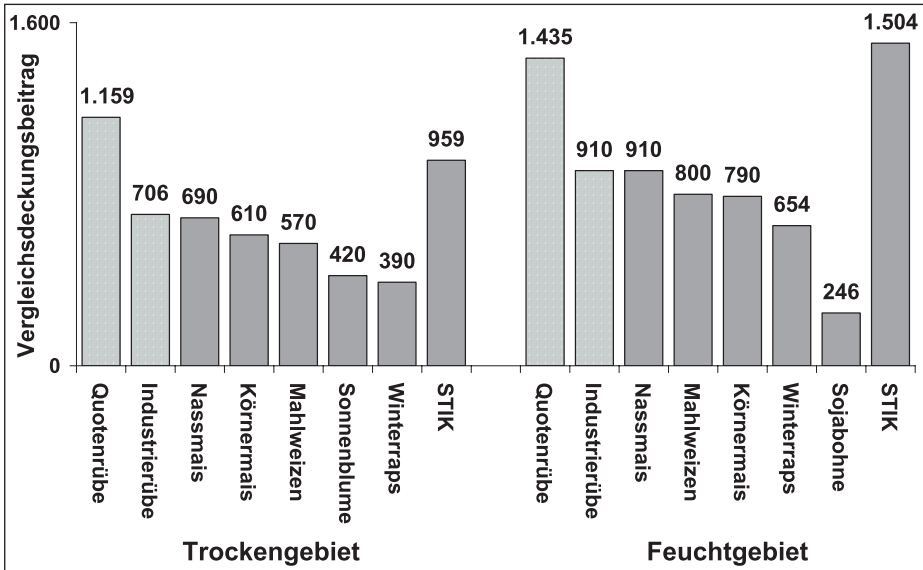
Quelle: Eigene Berechnungen nach Daten der Arbeitskreisbetriebe 2006

Bisher wurde vom durchschnittlichen Verhältnis von A- und B-Rüben in Österreich ausgegangen (81 % A- und 19 % B-Rüben). Für Betriebe im Trockengebiet mit ausschließlich A-Rüben errechnet sich vor der Reform im Durchschnitt ein Deckungsbeitrag von 2702 € je ha. Für das Verhältnis von 40 % A- und 60 % B-Rüben errechnen sich 1833 €. Nach der Reform erzielen die Betriebe im Durchschnitt 1159 € (keine Unterscheidung in A- und B-Rüben); der Rückgang ab 2009 beträgt somit im ersten Fall (ausschließlich A-Rüben) 1543 € oder 57 %, im zweiten Fall (40 % A-Rüben) 674 € oder 37 %.

#### 5.1.2 Vergleich mit Konkurrenzfrüchten

Aufbauend auf den bisherigen Ergebnissen wird erörtert, ob die unangefochtene Wettbewerbsstellung der Zuckerrübe auch nach der Reform aufrecht bleibt. Abbildung 1 bestätigt, dass der Zuckerrübenanbau auch ab 2009 einen deutlich höheren Deckungsbeitrag je ha erbringt als der Anbau von Mähdruschkulturen, wenn innerhalb einer Quote produziert wird. Einzig die Stärkeindustriekartoffel erwirtschaftet eine ähnliche Flächenverwertung wie die Quotenrübe. Die Industrierübe liegt beim Deckungsbeitrag je ha auf einem ähnlichen Niveau wie Getreide und Mais.





Der Vergleichsdeckungsbeitrag (fixe Maschinenkosten eingerechnet) für die Konkurrenzkulturen leitet sich aus den Erträgen im Trocken- und Feuchtgebiet und mittelfristigen Preiserwartungen ab. STIK=Stärkeindustriekartoffel.

Abb. 1. Vergleichsdeckungsbeitrag je ha für Zuckerrübe (Quotenrübe und Industrierübe) und für Konkurrenzkulturen ab 2009 nach Trocken- und Feuchtgebiet

Berücksichtigt man den höheren Arbeitseinsatz im Rübenanbau (im Schnitt 15 AKh/ha) im Vergleich zu Getreide (8 AKh/ha) und Mais (9 AKh/ha), errechnet sich ein in etwa gleich hoher Vergleichsdeckungsbeitrag je Arbeitskraftstunde für Quotenrübe einerseits und Getreide bzw. Mais andererseits.

## 5.2 Quotenrente vor und nach der Reform

Von der Höhe der Quotenrente hängt es ab, ob und in welchem Umfang Zuckerrübenquoten freiwillig stillgelegt und somit aus der Produktion genommen werden könnten. Die Quotenrente errechnet sich, in dem vom Deckungsbeitrag je ha Zuckerrübe der Deckungsbeitrag der besten möglichen Alternative abgezogen wird. Die einzelbetrieblich errechnete Quotenrente wird entsprechend dem jeweiligen Betriebsgewicht hochgerechnet; Die hochgerechnete Quote der 287 Betriebe repräsentiert rund 94 % der gesamte A- und B-Quote in Österreich. Als Alternative zur Zuckerrübe wird Winterweizen herangezogen (im Schnitt 616 € Deckungsbeitrag je ha). Die Deckungsbeitragsdifferenz zwischen Zuckerrübe und Winterweizen wird durch die Zuckerrübenquote je ha dividiert (Quotenrente pro t).

Abbildung 2 verdeutlicht den Unterschied der Quotenrente vor und nach der Reform. Vor der Reform errechnet sich im Durchschnitt eine Quotenrente in Höhe von ca. 27 € pro t, die Spannweite erstreckt sich von etwa 5 bis knapp 40 € pro t. Nach vollständiger Umsetzung der Reform verringert sich die Quotenrente im Durchschnitt auf 4,5 € pro t. Etwa 20 % der Betriebe weisen bei gleich bleibenden Erträgen ab 2009 eine negative Quotenrente aus (<42 t Zuckerrübenenertrag). Für die nächsten 20 % errechnen sich zwischen 0 und 5 € pro t, für weitere rund 40 % zwischen 5 bis 10 € pro t.

Aus der jährlichen Quotenrente kann der Barwert des Lieferrechts und somit ein Anhaltspunkt für den Kaufpreis von Zuckerrübenquoten abgeleitet werden. Tabelle 5 enthält

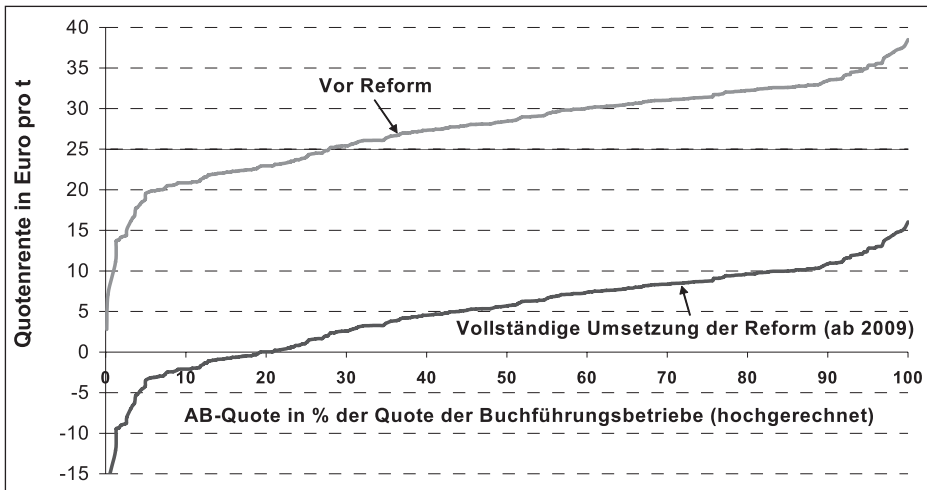


Abb. 2. Quotenrente pro Tonne AB-Quote vor und nach der Reform

Quelle: Eigene Darstellung nach LBG 2003 und 2004

die Barwerte für unterschiedliche Ertragsniveaus für den Betrachtungszeitraum von 2009 bis 2014. Bei 40 t Zuckerrübenenertrag ergibt sich eine negative Quotenrente und somit ein negativer Barwert. Bei 60 t Zuckerrübenenertrag errechnen sich 25,6 € pro t bzw. 1537 € je ha als Barwert, bei 70 t werden 47,9 € pro t bzw. 3351 € je ha ausgewiesen.

Tabelle 5. Barwert der Zuckerrübenquote je nach Ertragsniveau

Ertrag (t je ha)	2009 – 2014	
	€ pro t	€ je ha
40	neg.	neg.
50	neg.	neg.
60	25,6	1 537
70	47,9	3 351
80	64,6	5 164

Berechnet mit 4 % Zinsansatz

Quelle: Eigene Berechnung nach LBG 2003 und 2004

### 5.3 Folgen der Reform für spezialisierte Rübenbaubetriebe

Wie sich die Reform auf das Anbauprogramm und den Gesamtdeckungsbeitrag von spezialisierten Rübenbaubetrieben auswirken könnte, wurde mit Hilfe von Modellrechnungen auf Basis der Linearen Planungsrechnung geprüft. Gerechnet wurden vier Betriebe aus den Regionen Marchfeld, Weinviertel, Tullner Feld (alle Trockengebiet) und Linz Land (Feuchtgebiet). Die Daten dieser Modellbetriebe leiten sich aus Buchführungsergebnissen und der Betriebszweigabrechnung ab. Alle vier repräsentieren Marktfruchtbetriebe ohne Viehwirtschaft mit unterschiedlicher Produktionsausrichtung, Flächenausstattung bzw.

-nutzung und Intensität des Zuckerrübenanbaus. Folgende Eckdaten zum Zuckerrübenanbau weisen diese vier Betriebe aus:

- 120 ha Betrieb im Marchfeld: 13,9 ha Zuckerrübe (11,6 %), 90 % A-Quote vor der Reform, 68 t Ertrag je ha (mit Beregnung);
- 60 ha Betrieb im Weinviertel: 3,7 ha Zuckerrübe (6,2 %), 71 % A-Quote vor der Reform, 58 t Ertrag je ha;
- 45 ha Betrieb im Tullner Feld: 5,6 ha Zuckerrübe (12,4 %), 81 % A-Quote vor der Reform, 65 t Ertrag je ha;
- 90 ha Betrieb im Bezirk Linz Land: 13,6 ha Zuckerrübe (15,1 %), 70 % A-Quote vor der Reform, 62 t Ertrag je ha.

Verglichen wird die Situation *vor Reform* mit jener nach Umsetzung der *Reform ab 2009* inklusive der 13,5 %igen Quotenkürzung. Die Betriebsprämie wird um 1,3 % zur Bedienung der nationalen Reserve gekürzt, Marktordnungsprämien über 5000 € werden um 3 % (vor Reform) bzw. um 5 % (Reform ab 2009) reduziert (Modulation). Zusätzlich zur Betriebsprämie werden gekoppelte Prämien für Eiweißpflanzen (55,56 €/ha) und Hartweizen (40 €/ha, Auszahlungsgrad 54 %) gewährt. Die Prämien aus dem Österreichischen Umweltprogramm (ÖPUL) werden vor der Reform nach dem Programm ÖPUL 2000 (bis 2006), nach Umsetzung der Reform nach dem ÖPUL 2007 – 2013 (ab 2007) berechnet. Alle weiteren Parameter (z. B. Erträge der Kulturen) werden vor und nach der Reform in gleicher Höhe verrechnet.

Aus Tabelle 6 wird ersichtlich, dass sich der Gesamtdeckungsbeitrag je nach kalkulierter Höhe der Produktpreise für Mähdruschkulturen nach der Reform sehr unterschiedlich entwickelt. Werden die Produktpreise nach der Reform in gleicher Höhe wie vor der Reform festgelegt, errechnen sich je nach Betrieb Einbußen von ca. 15 % bis 18 %. Ein Teil dieses Rückganges resultiert aus den niedrigeren Prämien im neuen ÖPUL-Programm. Wird die niedrigere ÖPUL-Prämie nach der Reform herausgerechnet, reduziert sich der Rückgang je nach Betrieb auf ca. 7 % bis rund 13 %, was ausschließlich auf die Zuckermarktreform zurückzuführen ist. Den größten Rückgang würde der Betrieb im Marchfeld erleiden. Dieser Betrieb weist einen überdurchschnittlichen Zuckerrübenanteil und Zuckerrübenenertrag aus und besaß vor der Reform einen hohen A-Rübenanteil. Gemessen am relativen Rückgang käme der Betrieb aus dem Tullner Feld am nächsten. Hohe Rübenenerträge und ein überdurchschnittlicher Zuckerrübenanteil liefern die Erklärung für diese Einbußen.

Ganz anders die Situation, wenn die Entwicklungen auf den Getreide- und Ölsaatenmärkten im Jahr 2007 in die Kalkulation einfließen. Die Rückgänge aus der Zuckermarktreform und aufgrund des neuen ÖPUL-Programms werden durch die hier unterstellten höheren Getreide- und Ölsaatenpreise (siehe Fußnote in Tab. 6) deutlich überkompensiert. Die Betriebe würden ihren Gesamtdeckungsbeitrag um rund 15 % (Tullner Feld) bis knapp 27 % (Weinviertel) erhöhen. Die Fruchtfolge änderte sich nicht aufgrund der Reform, die Zuckerrübe bleibt in allen Betrieben mit ihrem maximal möglichen Anbauumfang in Lösung.

**Tabelle 6. Anbauprogramm und Gesamtdeckungsbeitrag vor und nach der Reform von spezialisierten Rübenbaubetrieben**

Bezeichnung	120 ha Betrieb Marchfeld		60 ha Betrieb Weinviertel		45 ha Betrieb Tullner Feld		90 ha Betrieb Linz Land	
	Vor Reform	Reform ab 2009	Vor Reform	Reform ab 2009	Vor Reform	Reform ab 2009	Vor Reform	Reform ab 2009
Ackerfläche (ha)	120,0	120,0	60,0	60,0	45,0	45,0	90,0	90,0
dav. Zuckerrübe	13,9	13,9	3,7	3,7	5,6	5,6	13,6	13,6
Getreide, Mais	66,0	66,0	40,2	40,2	30,2	30,2	60,3	60,3
Ölsaaten	21,9	21,9	4,8	4,8	2,1	2,1	8,5	8,5
Eiweißpflanzen	–	–	1,4	1,4	–	–	–	–
Kartoffel	8,4	8,4	4,8	4,8	3,6	3,6	–	–
Stilllegung	9,8	9,8	5,1	5,1	3,5	3,5	7,6	7,6
<b>Kalkulation bei unveränderten Produktpreisen</b>								
DB aus Produktion (€)	59 113	32 859	15 506	10 223	20 962	11 643	47 111	28 670
Prämien aus ÖPUL (€)	27 232	21 746	14 008	10 608	10 371	8 341	19 293	15 676
GAP-Prämien (€)	33 436	44 033	16 606	18 488	11 543	15 374	24 443	32 571
<b>Gesamt-DB (€)</b>	<b>119 781</b>	<b>98 638</b>	<b>46 120</b>	<b>39 319</b>	<b>42 876</b>	<b>35 358</b>	<b>90 847</b>	<b>76 917</b>
<b>Rückgang absolut (€)</b>		<b>-21 143</b>		<b>-6 801</b>		<b>-7 518</b>		<b>-13 930</b>
<b>Rückgang relativ (%)</b>		<b>-17,7</b>		<b>-14,7</b>		<b>-17,5</b>		<b>-15,3</b>
<b>Rückgang relativ (%)<sup>1</sup></b>		<b>-13,1</b>		<b>-7,4</b>		<b>-12,8</b>		<b>-11,4</b>
<b>Kalkulation bei gestiegenen Preisen nach der Reform für Getreide, Öl- und Eiweißfrüchte<sup>2</sup></b>								
DB aus Produktion (€)	59 113	73 290	15 506	29 418	20 962	25 789	47 111	64 958
Prämien aus ÖPUL (€)	27 232	21 746	14 008	10 608	10 371	8 341	19 293	15 676
GAP-Prämien (€)	33 436	43 627	16 606	18 488	11 543	15 266	24 443	32 284
<b>Gesamt-DB (€)</b>	<b>119 781</b>	<b>138 663</b>	<b>46 120</b>	<b>58 514</b>	<b>42 876</b>	<b>49 396</b>	<b>90 847</b>	<b>112 918</b>
<b>Rückgang absolut (€)</b>		<b>+18 882</b>		<b>+12 394</b>		<b>+6 520</b>		<b>+22 071</b>
<b>Rückgang relativ (%)</b>		<b>+15,8</b>		<b>+26,9</b>		<b>+15,2</b>		<b>+24,3</b>

<sup>1</sup> Bei Berechnung des ÖPUL nach der Reform wie vor der Reform

<sup>2</sup> Annahmen für die Produktpreise in €/t ab 2009 (in Klammer die Preise für die Situation vor der Reform): Speiseweizen: 200 (119), Futterweizen: 180 (110), Braugerste: 118 (109), Mahlroggen: 118 (90), Körnermais: 180 (100), Körnererbse: 160 (118), Winterraps: 330 (220), Sonnenblume: 300 (200), Sojabohne: 250 (225).

## 6 Diskussion und Schlussfolgerungen

Der Deckungsbeitrag je Hektar Zuckerrübe nimmt als Folge der Zuckermarktreform empfindlich ab. Der durch die Reform gewährte Einkommensausgleich kompensiert ab 2009 im Durchschnitt etwa 50 % des Rückgangs, dieser ist in Österreich jedoch Teil der Betriebsprämie und daher nicht mehr der Zuckerrübe direkt zurechenbar. In anderen EU-Ländern kann der Rückgang deutlich von jenem in Österreich abweichen, da der Preisrückgang unterschiedlich hoch ausfällt (hängt von der A- und B-Quote vor der Reform ab) und der Einkommensausgleich unterschiedlich auf die Betriebe verteilt wird. Beispielsweise errechnen RIEDEL et al. (12) höhere Einkommensverluste für Betriebe in Deutschland, wenn

der Einkommensausgleich im Rahmen des Regionalmodells auf alle Betriebe in einer Region aufgeteilt wird.

Trotz der markanten Einbußen beim Deckungsbeitrag bleibt der Zuckerrübenanbau in Österreich auch nach der Zuckermarktreform wettbewerbsfähig, der Deckungsbeitrag der Zuckerrübe übersteigt nach heutiger Einschätzung auch in Zukunft deutlich jenen von Mähdruschkulturen. Der Anbau von Zuckerrüben wird daher in Österreich über die verordnete Quotenkürzung hinaus kaum abnehmen, nur Betriebe mit deutlich unterdurchschnittlichen Erträgen erwirtschaften nach vollständiger Umsetzung der Reform keine positive Quotenrente mit dem Anbau von Zuckerrüben. Ob die Industrierübe in Österreich den durch die lineare Quotenkürzung verringerten Anbau von Quotenrüben wettmacht, hängt einerseits von den Geschäftsbedingungen für die Industrierübe und andererseits von den Produktpreisen der konkurrierenden Ackerkulturen ab.

Auf Ebene der Betriebe konnten bisher die Einbußen aus der Zuckermarktreform in Österreich durch höhere Preise für Getreide, Mais und Ölpflanzen kompensiert werden. Ohne diesen Preisanstieg hätten die Zuckerrübenbaubetriebe in Österreich deutliche Einkommensrückgänge erleiden müssen. Auch eine signifikante Ausdehnung des Ackerlandes hätte diesen Nachteil kaum kompensiert, zumal auch die Prämien aus dem österreichischen Umweltprogramm (ÖPUL) ab 2007 gekürzt wurden. Auch in den nächsten Jahren kann davon ausgegangen werden, dass die Betriebe die Einbußen durch die Zuckermarktordnung durch höhere Produktpreise bei den genannten Kulturen kompensieren könnten. Eine längerfristige Einschätzung der Einkommensentwicklung lässt sich aufgrund der steigenden Volatilität auf den Agrarmärkten nicht abgeben.

### Zusammenfassung

Am 24. November 2005 einigte sich der Agrarministerrat der Europäischen Union auf eine grundlegende Reform der Zuckermarktordnung. Unter anderem wird der Referenzpreis für Zucker in zwei Schritten um 36 %, der Mindestpreis für Zuckerrüben in vier Schritten um 39,4 % gesenkt. Vor diesem Hintergrund analysiert die vorliegende Arbeit die Wettbewerbsfähigkeit des Zuckerrübenanbaus nach dieser Reform und untersucht die ökonomischen Folgen der Reform für Zuckerrübenbetriebe in Österreich. Nach den vorliegenden Ergebnissen reduziert sich der Deckungsbeitrag je ha um durchschnittlich 50 %. Trotzdem wird der Zuckerrübenanbau in Österreich kaum abnehmen, weil der Anbau der Zuckerrübe bis auf wenige Ausnahmen auch nach der Reform deutlich wettbewerbsfähiger bleibt als der Anbau konkurrierender Mähdruschfrüchte.

*Schlagworte:* Zuckerrüben, Wettbewerbsfähigkeit, Europäische Union, Deckungsbeitrag, Einkünfte aus Land- und Forstwirtschaft.

### Summary

#### *Competitiveness of sugar beet production in Austria after the reform of the EU sugar market*

On November 24<sup>th</sup>, 2005 EU farm minister adopted a fundamental reform on the EU sugar market. The reference price for sugar will be reduced in two steps by 36 per cent and the minimum price for sugar beet will be reduced in four steps by 39.4 per cent. The present study analyses the competitiveness of sugar beet production under the new regulation and examines the consequences of this reform for sugar beet producers in Austria. As a result of the calculations, gross margin per ha is reduced on average by 50 per cent. Nevertheless, sugar beet cultivation in Austria will hardly decrease because sugar beet remains clearly more competitive than alternative cash crops despite the high price cut.

*Keywords:* Sugar beet, competitiveness, European Union, gross margin, income from agriculture and forestry.

## Résumé

### *Capacité concurrentielle de la culture des betteraves à sucre en Autriche après la réforme de l'organisation du marché du sucre de l'UE*

Le 24 novembre 2005, le Conseil des ministres de l'agriculture de l'Union européenne se mit d'accord sur une profonde réforme de l'organisation du marché du sucre. Entre autre, le prix de référence du sucre subira, en deux étapes, une diminution de 36 %, le prix minimum des betteraves sucrières une diminution de 39,4 % dans quatre étapes. En arrière plan, la présente étude analyse la capacité concurrentielle de la culture des betteraves à sucre à la suite de cette réforme et examine les conséquences économiques de la réforme concernant les exploitations de betteraves sucrières en Autriche. Les résultats disponibles affichent une marge brute par ha d'une moyenne de 50 %. Malgré ces réductions, la culture de la betterave sucrière en Autriche n'accusera qu'une très légère diminution étant donné que cette culture, à part quelques exceptions, garde sa capacité concurrentielle, également après la réforme par rapport à la culture de fruits de moissonnage-battage.

*Mots clés:* Betteraves à sucre, capacité concurrentielle, Union Européenne, marge brute, recettes en provenance de l'agriculture et de l'économie forestière.

## Literatur

1. BMLFUW-Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2005: Bericht über die Lage der österreichischen Landwirtschaft 2004. Wien.
2. Commission of the European Communities, 2005: The European Sugar Sector. [http://europa.eu.int/comm/agriculture/capreform/sugar/infopack\\_de.pdf](http://europa.eu.int/comm/agriculture/capreform/sugar/infopack_de.pdf).
3. Council of the European Union, 2005: Presidency compromise (in agreement with the commission) – 14982/05. Brussels, 16 December 2005.
4. Die Rübenbauern, 2005: Statistik über den Zuckerrübenanbau in Österreich. Schriftliche Mitteilung.
5. –, 2006: Branchenvereinbarung 2006. Schriftliche Mitteilung vom 3. Februar 2006.
6. –, 2006: Offensive für österreichischen Rübenanbau. Unveröffentl. Manuskript.
7. GRETHE, H.; HÄGER, A.; KIRSCHKE, D., 2006: Aspekte der Agrarpolitik 2005. *Agrarwirtschaft* 55 (2006), Heft 1, 1–10.
8. ISERMEYER, F.; KLEINHANSS, W.; OFFERMANN, F.; RIEDEL, J.; GOCHT, A.; KÜPKER, B., OSTERBURG; SOMMER, U., 2005: Vergleichende Analyse verschiedener Vorschläge zur Reform der Zuckermarktordnung. FAL Braunschweig, Institut für Betriebswirtschaft, Sonderheft 282.
9. Kommission der Europäischen Gemeinschaften, 2004: Vervollständigung des Modells einer nachhaltigen Landwirtschaft für Europa durch die Reform der GAP – Reformvorschläge für den Zuckersektor. KOM (2004) endg. [http://europa.eu.int/comm/agriculture/capreform/sugar/prop\\_en.pdf](http://europa.eu.int/comm/agriculture/capreform/sugar/prop_en.pdf)
10. –, 2005: Vorschlag für eine Verordnung des Rates über die gemeinsame Marktorganisation für Zucker. KOM (2005) 263 endgültig. Brüssel, 22.06.2005. [http://europa.eu.int/comm/agriculture/capreform/sugar/prop\\_en.pdf](http://europa.eu.int/comm/agriculture/capreform/sugar/prop_en.pdf)
11. –, 2007: Vorschlag zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 318/2006 über die gemeinsame Marktorganisation für Zucker. KOM (2007) 227 endgültig. Brüssel, 7.05.2007. [http://europa.eu.int/comm/agriculture/capreform/sugar/prop\\_en.pdf](http://europa.eu.int/comm/agriculture/capreform/sugar/prop_en.pdf)
12. RIEDEL, J.; KLEINHANSS, W.; KÜPKER, B.; OSTERBURG, B.; OFFERMANN, F.; GOCHT, A., 2006: Auswirkungen des Beschlusses zur Reform der Zuckermarktordnung. FAL Braunschweig, Institut für Betriebswirtschaft und Institut für Ländliche Räume.

## Fußnote

- <sup>1)</sup> Der Großteil des Rübenanbaugebiets in Österreich liegt im Nordöstlichen Flach- und Hügelland (Niederösterreich, Burgenland), das als Trockengebiet bezeichnet werden kann (Niederschlag von etwa 500 mm pro Jahr). Knapp 15 % der österreichischen Rüben werden in Oberösterreich kultiviert (Feuchtgebiet).

*Autorenanschrift:* Dipl.-Ing. Dr. LEOPOLD KIRNER, Bundesanstalt für Agrarwirtschaft, Marxergasse 2, 1030 Wien, Österreich  
leopold.kirner@awi.bmlfuw.gv.at

# Ein Indikatoransatz zur Bewertung der Nachhaltigkeit von intensiv genutzten Grünlandbeständen

Von KATHARINA TREYSE, MICHAEL KELM, HELA MEHRTENS und FRIEDHELM TAUBE, Kiel

## 1 Einleitung

Die Umsetzung von Umweltstandards in der Agrar- und Umweltpolitik erfolgt derzeit zum einen über verpflichtende Standards der „Guten fachlichen Praxis“ (GfP) und zum anderen über die Beschlüsse zur Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) mit der VO (EG) Nr. 1782/2003 (4), auch als Cross Compliance bekannt. Für den Bereich Grünland und Futterbau entstehen Anforderungen an den Erhalt der landwirtschaftlichen Flächen in gutem ökologischem Zustand (Anhang IV) und die Erhaltung von Dauergrünland – Durchführungsverordnung (EG) Nr. 796/2004 – (6). Sowohl die aktuellen Diskussionen um eine Nachhaltigkeitsbewertung verschiedener Landnutzungssysteme als auch Einzelstudien verweisen auf die Notwendigkeit der Auswahl und Anwendung geeigneter Informationssysteme, sei es in Form von Einzelindikatoren [(z. B. N-Saldo, Humusbilanz, Energiebilanz) oder als indikatorgestütztes Gesamtbetriebsmodell (REPRO Reproduktion der organischen Bodensubstanz)] (38) [KUL (Kriterien umweltverträglicher Landnutzung)/USL (Umweltsicherungssystem Landwirtschaft)] (25). Diese dienen dazu, neue agrarumweltpolitische Forderungen und Grenzwerte in die Praxis umzusetzen und für die Beratung und Administration kontrollierbar zu machen.

Die Multifunktionalität des Grünlandes kommt u. a. dahingehend zum Ausdruck, dass im Vergleich zu annuellen Ackerkulturen mehrjährige Grünlandbestände positive Funktionen hinsichtlich Boden- und Wasserschutz (3), Biotopschutz (50) und als CO<sub>2</sub>-Senke (3) erfüllen. Die Diskussion um eine leistungsorientierte Futterproduktion hat sich in den vergangenen Jahren in Nordwesteuropa jedoch zunehmend auf die Frage zur Umwandlung von Dauergrünland zugunsten einer ackerbaulichen bzw. ackerfutterbaulichen Nutzung konzentriert (19), da auf dem Acker deutlich höhere Futtererträge und insbesondere ein höherer energetischer Futterwert realisiert werden können als auf dem Dauergrünland (67). Dies hat dazu geführt, dass im vergangenen Jahrzehnt Grünland zu nicht unerheblichen Flächenanteilen in eine ackerbauliche Nutzung überführt wurde. Für Deutschland ist ein Rückgang der Dauergrünlandflächenanteile von 1995–2005 von 30,5 % auf 28,9 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN) dokumentiert (7). Ein Grünlandumbruch beinhaltet erhebliche Konsequenzen für die Nährstoffdynamik, erhöhte Nährstoffverluste, reduzierte Wasserspeicherungskapazität der Böden, negative Auswirkungen auf das Bodengefüge, die Kohlenstoff- und Humusspeicherung und andere umweltrelevante Parameter.

Dies impliziert, dass dem Erhalt von persistenten leistungsfähigen Dauergrünlandbeständen besondere Bedeutung zukommen muss. Dies ist durch die Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) in der VO (EG) Nr. 1782/2003 (4) geregelt.

Zur Bewertung von Grünlandbeständen hinsichtlich einer nachhaltigen Bewirtschaftung im Sinne der Produktionsfunktion sind verschiedene Methoden beschrieben. Visuelle Methoden zur Erfassung potenzieller Erträge und Futterqualitäten über die Bestandszusammensetzung und -kartierung sind u. a. die Ertragsanteilschätzung nach KLAPP (46) und das bereits in der Praxis etablierte indikatorgestützte Verfahren des sogenannten Pasture Condition Score (20; 59). Letzterer berücksichtigt zur Bewertung von Grünlandbestän-

den zehn Indikatoren, die Aussagen zur Bestandszusammensetzung, Bestandsstruktur und Bewirtschaftungseinflüssen auf dem Standort liefern, wobei gemessene qualitative Merkmale, wie Ertragsleistung und Futterqualität, unberücksichtigt bleiben.

Neben der rein futterbaulichen Nutzung (Produktionsfunktion) kommen dem Grünland weitere Funktionen insbesondere im Natur- und Umweltschutz zu. Der Indikator „botanische Diversität“ ist häufig zur Nachhaltigkeitsbewertung beschrieben und bedient als Zielgröße im Gegensatz zur Produktionsfunktion primär die Naturschutzfunktion mit dem Ziel der Erhaltung botanischen Artenreichtums und wertvoller Habitatstrukturen. Dies kommt u. a. dadurch zum Ausdruck, dass die monetäre Wertschöpfung artenreicher und naturschutzrelevanter Grünlandflächen primär durch Transferzahlungen zur Erhaltung dieser Pflanzengesellschaften realisiert wird und nicht durch die Vermarktung tierischer Produkte. Ausgeprägter botanischer Artenreichtum ist an limitierende Umweltbedingungen (z. B. nährstoffarme Böden, keine Düngung) gebunden (34; 59; 73).

Artenreiche Grünlandgesellschaften waren bis Mitte der 1960er-Jahre insbesondere auf wenig produktiven Standorten dominierend. Demgegenüber hat die seit Mitte der 70er-Jahre des letzten Jahrhunderts zunehmende Intensivierung (1) im intensiven Futterbau zu artenarmen Grünlandbeständen geführt (32; 66; 83), die an eine mittlere bis hohe Stickstoff (N) -Düngung und häufige (4–6fache) Nutzung adaptiert sind. Pflanzensoziologisch sind diese Bestände als *Lolio-Cynosuretum*-Grünlandgesellschaften einzuordnen. Außerdem rücken zunehmend an eine hohe Nutzungsfrequenz aber reduzierte N-Düngung angepasste Weißklee-Gras-Bestände ins Interesse einer nachhaltigen Bewirtschaftung (26; 29; 71; 84). Bewertungsparameter dieser intensiv genutzten Bestände orientieren sich anhand der Kenngrößen „Produktivität und Futterqualität“, um eine optimale ökonomische Ausnutzung des Grundfutters und maximale Umsetzung in tierische Leistung (Milch und Fleisch) zu gewährleisten. Limitierender Faktor einer hohen Milchleistung ist dabei zumeist der Energiegehalt der Futtermittel (27; 64). Hohe Energiegehalte sind langfristig nur durch eine hohe Schnittfrequenz von 4–6 Nutzungen a<sup>-1</sup> (vgl. 3) bzw. durch intensive Beweidung zu gewährleisten (27), was den Ansprüchen zum Erhalt der botanische Diversität entgegensteht. In der Konsequenz ist im intensiven Grünland mit dem primären Ziel der Erzeugung hochwertiger tierischer Produkte (Produktionsfunktion) der Indikator „Botanische Artenvielfalt“ nicht relevant und damit nicht Gegenstand dieser Abhandlung. Dies gilt auch für die intensive Grünlandbewirtschaftung im ökologischen Landbau (83), die ebenfalls durch hohe Nutzungsfrequenzen aber reduzierte Düngungsintensitäten charakterisiert ist.

Methoden zur Bewertung der beschriebenen Kenngrößen Produktivität und Futterqualität in der intensiven Grünlandbewirtschaftung zur Erzeugung einer hohen Milchleistung konzentrieren sich auf die Indikatoren Trockenmasse- (TM-) Ertrag, Rohprotein- (RP-) Gehalt und Energiegehalt (74; 81). Kausale Zusammenhänge zwischen einzelnen Indikatoren bleiben bislang unberücksichtigt, obwohl die optimale Managementintensität im Grünland zum einen durch hohe Erträge, zum anderen durch für die Tierernährung optimierte Energie- und Proteingehalte determiniert ist und damit eine Verknüpfung der Einzelparameter unumgänglich erscheint.

Eine intensive Grünlandbewirtschaftung ist zumeist mit ökologischen Belastungen bezüglich der Beanspruchung abiotischer Ressourcen verbunden (vgl. 42; 76; 85), sodass eine Methode zur Nachhaltigkeitsbewertung von intensiv genutztem Grünland sowohl die Produktivität, die Produktqualität als auch die Umwelt- und Nährstoffeffizienz in einem Gesamtkontext vereinen und dabei die Systemebenen „Boden-Pflanze-Tier“ im landwirtschaftlichen Betrieb vernetzt abbilden muss.



## 2 Zielstellung

Vor diesem Hintergrund ist es Ziel der vorliegenden Untersuchung (i) visuelle und laboranalytische Indikatoren in einem Indikatoransatz zur Gesamtbewertung der Nachhaltigkeit von intensiv genutztem Grünland zu verknüpfen. Dabei werden (ii) Ansprüche, die an Indikatoren gestellt werden (Relevanz, Einfachheit, Reproduzierbarkeit, Aussagefähigkeit, wissenschaftliche Belastbarkeit) in der Auswahl berücksichtigt. Durch die Quantifizierung von aus der Literatur abgeleiteten Bewertungsfunktionen (iii) werden in einem weiteren Schritt die Indikatoren in eine dimensionslose und damit vergleichbare Skalierung überführt, um Grünlandbewirtschaftungsverfahren auf mögliche Schwachstellen (iiii) zu prüfen und im Anschluss anhand einer aggregierten Boniturnote (iiiiii) einen Vergleich von Beständen zu ermöglichen.

Der formulierte Ansatz wird mittels zweier Datensätze der norddeutschen Tiefebene (Schleswig-Holstein, Niedersachsen) getestet. Ziel dieser Validierung ist es, die formulierten Indikatoren und Bewertungsfunktionen, die für intensiv bewirtschaftete Grünlandflächen abgeleitet wurden, auf ihre Sensitivität auf konventionell und ökologisch bewirtschafteten Flächen zu prüfen. Ein Datensatz der Bergregion Gumpenstein wurde ergänzend herangezogen, um die Indikatoren zur Extrapolation der Anwendbarkeit in alpinen Bergregionen zu testen, die pflanzensoziologisch durch Glatthaferwiesen (*Arrhenatheretalia*) dominiert sind.

## 3 Ableitung eines Indikatoransatzes für intensiv genutztes Grünland

An Indikatoren und Indikatorenmodelle werden je nach Einsatzgebiet und Zielstellung (Betrieboptimierung/ Kontrolle/ Beratung/ Wissenschaft) unterschiedliche Ansprüche gestellt: Für administrative Fragestellungen stellten BERG et al. (11) die Faktoren Einfachheit und Handhabbarkeit in den Vordergrund, wohingegen für landwirtschaftliche Unternehmen die Praktikabilität entscheidend ist (53). Zur Abbildung von Einflüssen der Betriebsstruktur, der Produktionsverfahren und der Standortbedingungen im wissenschaftlichen Bereich sind Kriterien wie prozessorientierte Analyse, Systemansatz und Vernetzung von Indikatoren sowie eine hohe räumliche und zeitliche Auflösung entscheidend (38).

Vor dem Hintergrund, dass visuell erfassbare Indikatoren in Kombination mit laboranalytisch erhobenen Parametern eine Gesamtbewertung sowohl hinsichtlich der Produktivität, der Produktqualität als auch der Umweltrelevanz ermöglichen, wird in der vorliegenden Untersuchung ein Ansatz gewählt, der zwei Säulen umfasst. In der ersten Säule werden vier Indikatoren visuell erfasst (vgl. Abb. 1). Diese umfassen die Bestandszusammensetzung mit Hilfe der Indikatoren Durchschnittliche Futterwertzahl (DWZ) und prozentualer Anteil an Leguminosen und Kräutern. Ferner werden Aussagen zur Narbenstruktur durch den Indikator Lückigkeit getroffen, sodass anhand der ersten Säule Aussagen über den *potenziellen* Futterwert von Beständen abgeschätzt werden können.

Die Analysedaten (vgl. Abb. 1), die Informationen über die *aktuelle* Ertragsleistung und Futterqualität liefern, wurden unter der Prämisse einer einfachen Datenerfassung auf landwirtschaftlichen Betrieben ausgewählt. Im Rahmen der Düngeverordnung (9) bzw. einer umfassenden Betriebsberatung (z. B. 8) werden durch Futter- und Bodenanalysen, die Rohprotein (RP)- und Energiegehalte und die Bodennährstoffgehalte der Makronährstoffe (P, K, Mg) obligatorisch ermittelt, sodass keine zusätzlichen Kosten der Datenerhebung notwendig sind. Daten zu Ertragsleistungen werden auf Futterbaubetrieben direkt erfasst (Fuhrwerkswaage) oder in der Form der Raummaße (m<sup>3</sup>) der Silagen geschätzt.

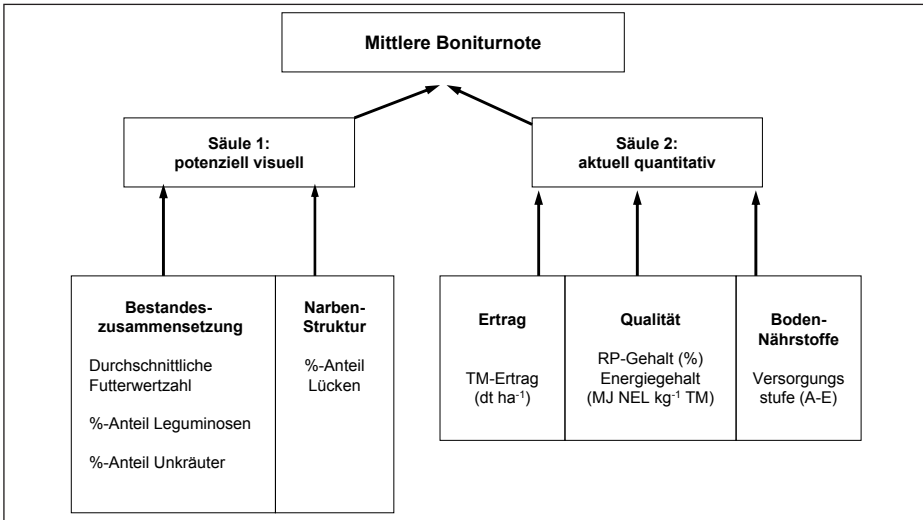


Abb. 1. Zusammenstellung der Indikatoren zur Nachhaltigkeitsbewertung intensiv genutzter Grünlandbestände

### 3.1 Methodische Umsetzung

Zur Bewertung verschiedener Indikatoren, die unterschiedliche Ausgangsgrößen bzw. -einheiten tragen (vgl. 22), wird eine dimensionslose Skala gewählt. So erfolgt eine spezifische Bewertung jedes Indikators anhand einer Bewertungsfunktion in Anlehnung an das Betriebsbilanzierungsmodell REPRO (38) auf einer Skala von 0 (= schlecht) bis 1 (= sehr gut), wobei der Funktionsverlauf für jeden Indikator aus der Literatur abgeleitet ist. Die Funktionsgleichungen der Bewertungsfunktionen sind in Tabelle 4 (s. Anhang) dargestellt. Um Information über die Bewertung eines jeden Einzelindikators zuzulassen, werden die Indikatoren zunächst einzeln betrachtet.

Komplexe Indikatoren-systeme beinhalten eine Vielzahl von zu berücksichtigenden Indikatoren. Die Auswahl der Indikatoren muss gewährleisten, dass jeder Indikator per se eine Aussagekraft hat und nicht durch einen anderen erklärt werden kann. Um dies zu gewährleisten, wurde jeder Datensatz separat auf mögliche Signifikanzen und Korrelationen zwischen einzelnen Indikatoren mit dem Statistikprogramm SAS, PROC CORR (60) geprüft. Dabei wurden die visuellen und laboranalytischen Indikatoren zunächst getrennt und anschließend in ihrer Gesamtheit verrechnet. Signifikante Beziehungen zwischen Indikatoren wurden im Anschluss durch eine korrigierende Varianzanalyse mit SAS GLM überprüft. Ziel ist es, mit dieser Vorgehensweise eine Überbewertung (Autokorrelation) eines Teilbereiches auszuschließen.

Ob eine Aggregation von Indikatoren, wie z. B. im Bewertungsverfahren USL praktiziert (25), sinnvoll ist, hängt von der Zielsetzung ab und wurde bereits ausführlich diskutiert (33; 62; 78). Zur Ermittlung der Nachhaltigkeit eines gesamten Landnutzungssystems im Vergleich mit anderen ist jedoch eine hohe Aggregation unumgänglich. Nach der beschriebenen Prüfung auf Korrelationen zwischen Indikatoren wird in Anlehnung an das USL (14) im Anschluss eine mittlere Boniturnote ermittelt. Diese ist als Mittelwert aller zur Verfügung stehenden Indikatoren zu verstehen.

Bevor die Darstellung der Ergebnisse der drei Untersuchungsregionen vorgenommen wird, werden im Folgenden die Indikatoren und die abgeleiteten Bewertungsfunktionen näher beschrieben.

## 3.2 Ableitung der Parameter zur visuellen Merkmalserfassung

### 3.2.1 Bestandszusammensetzung und Narbenstruktur

Die Bestandszusammensetzung determiniert durch die Anteile der funktionellen Gruppen (Gräser, Leguminosen und Kräuter) den Futterwert von Grünlandbeständen. Dieser kann nach einer visuellen Bonitur (Ertragsanteilschätzung) über die durchschnittliche Futterwertzahl (FWZ) nach KLAPP (44; 45) errechnet werden (81) und gibt Auskunft über den potenziellen Futterwert im Gegensatz zum aktuellen Futterwert, der über die Messung der Energiegehalte (s. Abschn. Futterqualität) laboranalytisch ermittelt wird. Der Verlauf der Bewertungsfunktion (vgl. Abb. 2a) ist wie folgt abgeleitet: Geringe Futterwertzahlen im Bestand <5 sind auf hohe Ertragsanteile futterwertmindernder Arten zurückzuführen, sodass diese die Bewertung 0 erhalten. Je höher die FWZ ausfällt, desto höher ist der Anteil hoch verdaulicher Futterpflanzen, sodass eine Zunahme der FWZ mit einem linearen Anstieg der Bewertung bis zum Optimalbereich von größer 7 verbunden ist.

Neben dem potenziellen Futterwert können aus der Bestandszusammensetzung weitere relevante Indikatoren abgeleitet werden. So führt die symbiotische N-Fixierung durch Leguminosen zu N-Versorgungsleistungen für den Bestand in Größenordnungen von 50–350 kg N ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup> (55; 63). In der Folge kann mit hohen Leguminosenanteilen der Düngemittleinsatz reduziert und damit die Energieeffizienz des Systems verbessert werden (41). Insbesondere in semi-intensiven Systemen, wie dem ökologischen Landbau, sind entsprechende Leguminosenanteile eine zentrale Voraussetzung für eine ausreichende Produktivität der Bestände. Die pflanzenbaulichen und tierphysiologischen Vorteile von Leguminosen bei Ertragsanteilen von 20–35% im Bestand sind in der Literatur vielfach beschrieben (21; 49; 58; 65; 83). Werden diese Ertragsanteile überschritten, so überwiegen zunehmend die negativen Effekte zu hoher Rohproteingehalte aus Sicht der Tierernährung (30; 71), die mit einer Verschlechterung der Narbenqualität verbunden sind (75). Daraus resultierend ist der Optimalbereich der Bewertungsfunktion (vgl. Abb. 2b) in einem Bereich von 20–35% definiert.

Auch der Krautfraktion kommt ergänzend zum potenziellen Futterwert eine diagnostische Indikatorfunktion zu, da anhand der jeweiligen Anteile obligater und fakultativer Kräuter prophylaktisch die Dynamik der Bestandsdegradierung und die Notwendigkeit von Pflegemaßnahmen abgeleitet werden kann. So gilt für die Krautanteile, dass obligate Unkräuter (z. B. Stumpflättriger Ampfer) bereits mit geringen Ertragsanteilen zu einer Futterwertminderung führen und somit in leistungsfähigen Grünlandbeständen kritisch zu beurteilen sind. Die Bewertungsfunktion zeigt eine lineare Abnahme, die ab einem prozentualen Anteil obligater Unkräuter von 10 % den Wert 0 erhält (Abb. 2c). Demgegenüber sind fakultative Unkräuter und Ungräser bis zu gewissen Anteilen im Bestand aufgrund ihrer Eignung als mineralstoffreiche Ergänzung durchaus zu tolerieren. Erst bei Anteilen >20 % im Bestand sind diese Grünlandvegetationen durch deutlich geringere Erträge (54; 77) und erhöhte Bröckelverluste charakterisiert (24; 36). Der Optimalbereich ist aufgrund der futterbaulichen Vorteile von fakultativen Kräutern daher bis 20 % angesetzt und sinkt anschließend linear bis zu einem Wert von 30 % auf 0 ab (Abb. 2c).

Der prozentuale Anteil an offener Bodenfläche (*Lückigkeit*) ist ein wichtiger Indikator für die Leistungsfähigkeit und dient zur Abschätzung der Stabilität von Beständen (20). Unzureichende Grünlandpflegemaßnahmen oder Überbeweidung (18; 68) können zur Zunahme invasiver, unerwünschter Arten in den Bestand führen bzw. Witterungsereignisse (Frost, Trockenheit, Wasserstau) ermöglichen Kräutern mit besonderer Morphologie (z. B. einer ausgeprägten Pfahlwurzel) das Überleben, während die Anteile wertvoller Gräser dadurch negativ beeinflusst werden (51). Somit ist eine dichte und lückenlose Grünlandnarbe die Voraussetzung zum Erhalt eines leistungsfähigen Bestands, sodass schon geringe Lückenanteile mit einer linearen Abnahme der Bewertung einhergehen

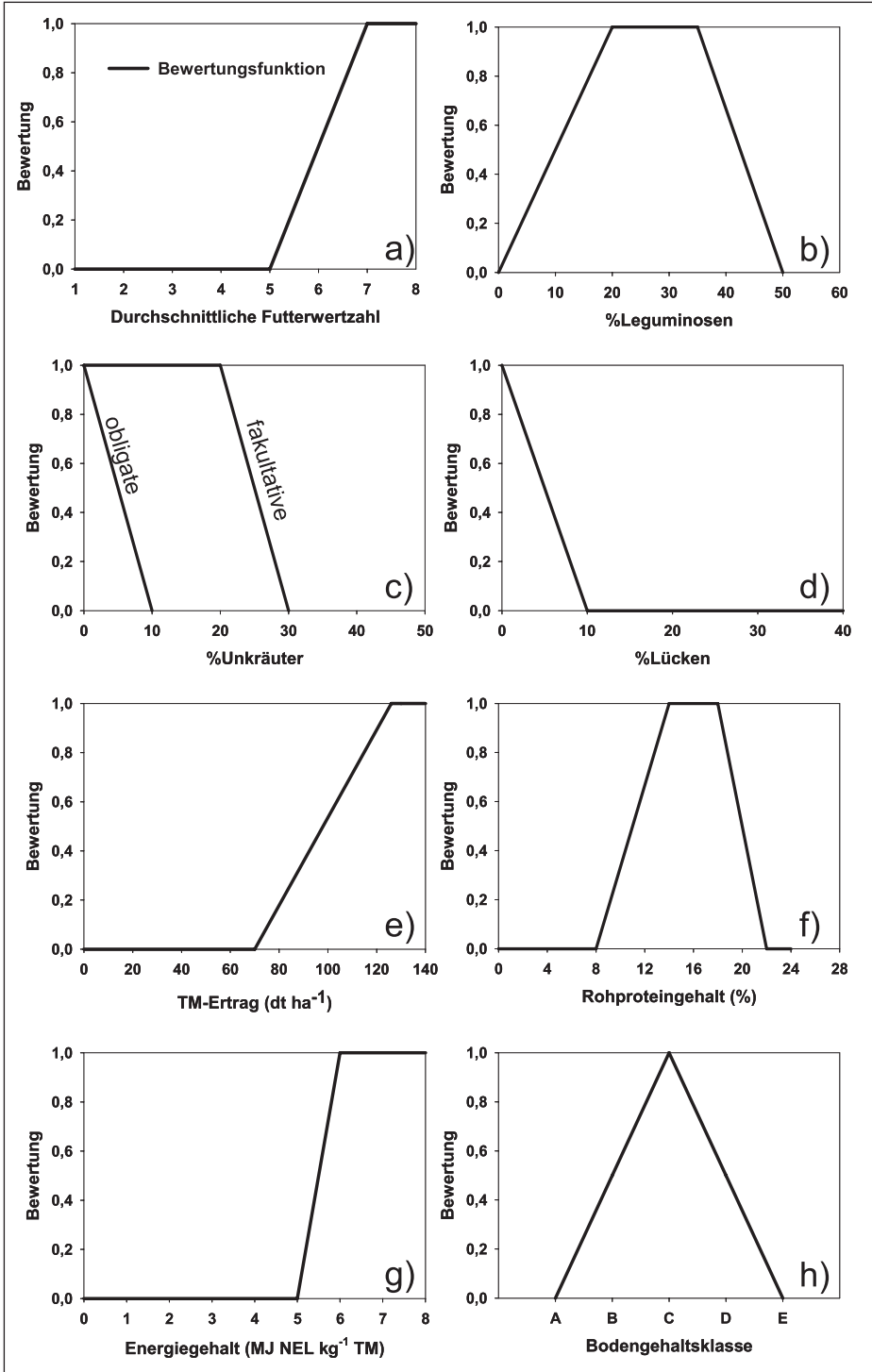


Abb. 2a bis 2h. Bewertungsfunktionen der Indikatoren (Futterwertzahl; %-Anteil Leguminosen, %-Anteil Lücken; Trockenmasse-Ertrag (dt ha<sup>-1</sup>); Rohprotein-Gehalt (%); Energiegehalt (MJ NEL kg<sup>-1</sup> TM); Bodengehaltsklassen).

(Abb. 2d). Der Optimalbereich von 0 % offener Bodenfläche sollte nicht überschritten werden. Ansonsten ist in der Konsequenz eine Degradierung des Bestands zu erwarten, sodass Pflegemaßnahmen, z. B. Nachsaaten, notwendig werden, die bis hin zu einer Neusaat führen können.

Während die durchschnittliche Futterwertzahl als aggregierte Statusgröße Aussagekraft besitzt, zeigen die Ausführungen, dass durch die Berücksichtigung der Indikatoren Leguminosenanteil, obligate und fakultative Unkräuter und Lücken eine diagnostische Analyse nicht nur der Bonität der Bestände abgeleitet werden kann, sondern ergänzend auch eine Prognose über die zu erwartende Dynamik der Bestandsentwicklung (z. B. Degradierung) möglich ist. Somit können rechtzeitig Korrekturmaßnahmen durchgeführt werden, die eine irreversible Bestandsdegradierung verhindern.

### 3.3 Ableitung der Parameter zur gemessenen Ertrags- bzw. Qualitätserfassung und der Bodennährstoffversorgung

#### 3.3.1 Ertragsleistung

Die Produktivität stellt eine zentrale Größe im Indikatoransatz dar. Im Vergleich zu allen anderen Indikatoren, deren Optima einen fixen Wertebereich einnehmen, variieren die Trockenmasse (TM)- Erträge intensiv bewirtschafteter Grünlandbestände in Abhängigkeit von der Witterung regionsspezifisch. Nach HERRMANN et al. (35) sind dabei insbesondere das pflanzenverfügbare Bodenwasser und die Temperatursumme als Faktoren relevant. Intensiv genutzte Bestände erreichen z. T. aufgrund einer hohen Nutzungsfrequenz im Verhältnis zu semi-intensiv genutzten Beständen geringere TM-Erträge (3), welche durch erhöhte Energiegehalte kompensiert werden. Als zentraler Indikator der Produktivität wird ausschließlich der TM-Ertrag berücksichtigt. Die Implementierung des Energieertrages (TM-Ertrag \* Energiedichte) scheidet aus statistischen Gründen aus, da die Energiedichte ebenfalls als Indikator Berücksichtigung findet (s. u.). Aufgrund der in Abhängigkeit von Umweltfaktoren variierenden TM-Ertragspotenzials wurde das Modell FOPROQ (FOrage PROduction Quality, s. 48) zur modellgestützten regional differenzierten Ertragsmodellierung von intensiv genutzten Grünlandbeständen genutzt, um regionale Klimadifferenzen auf den Ertragszuwachs detailliert abbilden zu können und eine regionale Prognose zu gewährleisten. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 differenziert nach Ertragsklassen in Abhängigkeit von der Temperatursumme und Niederschlagsmenge dargestellt und beinhalten 111 Einzelsimulationen der Untersuchungsjahre 2000–2006 auf 38 Standorten deutschlandweit.

Auf der vorgestellten Datenbasis der Simulation mit FOPROQ ist es möglich, jeden Grünlandstandort mit der Pflanzengesellschaft *Lolio-Cynosuretum* in der Bundesrepublik Deutschland der entsprechenden Ertragsklasse zuzuordnen. Für die hier vorliegende Untersuchung wurden in Abhängigkeit von den standörtlichen Gegebenheiten der Untersuchungsregionen (vgl. Kap. 4.) Brutto-TM-Ertragsklassen definiert, die für die betrachteten Regionen Schleswig-Holstein, Niedersachsen und Gumpenstein  $>125,8 \text{ dt ha}^{-1}\text{a}^{-1}$  den Optimalbereich der Bewertungsfunktion wiedergeben (Abb. 2e).

Es ist darauf hinzuweisen, dass in der vorgestellten Untersuchung Brutto-TM-Erträge simuliert und dargestellt sind und in Abhängigkeit von der Bewirtschaftung, Futterbergrung und Lagerung unterschiedlich hohe Verluste in einer Größenordnung von ca. 15 % und größer (82) auftreten können, die zur Berechnung der Netto-Erträge kalkuliert werden müssen.

**Tabelle 1. Simulierte Brutto-Trockenmasse -Erträge, Deutsch-Weidelgras dominierter Grünlandbestände im Durchschnitt der Jahre 2000–2006 in Abhängigkeit von der Temperatursumme und der Niederschlagssumme**

Niederschlagssumme	Temperatursumme		
	<3 000 °C	3 000–3 200 °C	>3 200 °C
>500 mm	106 (62–132)	106 (90–123)	105 (76–133)
500–700 mm	123 (105–137)	128 (103–144)	124 (68–148)
>700 mm	125,8 (116–136)	135 (118–144)	135 (117–145)

(Korrigierte Temperatursumme gemessen ab 01. Januar – 31. Oktober; Niederschlagssumme gemessen ab 01. März – 31. Oktober). In Klammern sind die Minima und Maxima angegeben. (Erträge in dt ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup>; Simulation einer 4-Schnittnutzung).

### 3.3.2 Futterqualität

Die Futterqualität wird insbesondere über die Parameter Energie- und Rohproteingehalt bestimmt (47) und ist im vorliegenden Ansatz für Schnitt- und Mähweidenutzung aus den Ernährungsansprüchen hoch leistender Milchkühe abgeleitet. Die Energiegehalte des Futters stellen, wie bereits beschrieben, häufig den erstlimitierender Faktor in der Milchviehfütterung dar (15; 27; 64) und stehen in enger Beziehung zur Verdaulichkeit; älteres Aufwuchsmaterial ist weniger verdaulich und energieärmer als junges (23; 86), sodass eine hohe Nutzungsfrequenz eine Nutzung zu jüngeren Entwicklungsstadien der Pflanzen impliziert und damit die Energiedichte und die Verdaulichkeit im geernteten Futter erhöht werden können (40; 69; 81). Hohe Milchleistungen aus dem Grundfutter sind verbunden mit geringeren Kosten und reduzieren zusätzlich die negativen Umwelteinflüsse durch eine Verminderung des Nährstoffinputs über Kraftfutter. Hoch leistende Milchkühe benötigen zur Sicherung ihres Energiebedarfs eine Energiekonzentration der Grassilage von mindestens 6 MJ NEL (Netto-Energie-Laktation) kg<sup>-1</sup> TM (3; 61), da die Futteraufnahme bei hohem Leistungsniveau durch die Aufnahmekapazität des Pansens physikalisch limitiert wird (52). Die Bewertungsfunktion (Abb. 2g) zeigt daher ab 5 MJ NEL kg<sup>-1</sup> TM einen linearen Anstieg bis zum Optimalbereich von 6 MJ NEL kg<sup>-1</sup> TM.

Die Optimierung der Proteinzufuhr im vorliegenden Indikatoransatz ist zum einen auf die Maximierung der Umsetzung des pflanzlichen Proteins in tierisches Protein ausgerichtet (70), zum anderen an dem Ziel abgeleitet, die N-Verluste, die in Form von urinalem N anfallen (39), zu minimieren. Untersuchungen in verschiedenen europäischen Ländern (z. B. 31) geben RP-Gehalte von 18 % als ausreichend für eine leistungsgerechte Milchviehfütterung an, um gleichzeitig die N-Verluste gemessen am Harnstoffgehalt in der Milch (37; 39) auf einem niedrigen Niveau zu halten. Mindestanforderungen für eine optimale Milchproteinsynthese sind bei 14 % anzusetzen (57). Die Bewertungsfunktion (Abb. 2f) zeigt den anhand der optimalen N-Verwertungseffizienz definierten Optimalbereich von 14–18 %, sodass die Bereiche darunter hinsichtlich einer leistungsgerechten Fütterung bzw. die Bereiche darüber aufgrund erhöhter N-Verluste geringer bewertet werden.

### 3.3.3 Bodennährstoffversorgung

Im Rahmen der Düngeverordnung (9) werden jährliche Nährstoffvergleiche vorgeschrieben. Schlagbezogene Bodennährstoffgehalte erlauben eine räumlich differenzierte Beurteilung der Düngungsmaßnahmen vergangener Jahre (5). Sowohl der Verband deutscher

landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) als auch die Landwirtschaftskammern der Länder (z. B. 10; 79; 80) geben Richtwerte für die Nährstoffgehalte der Böden vor. Bodennährstoffuntersuchungen für Grünland umfassen die Komponenten pH-Wert, pflanzenverfügbares Phosphat und austauschbare Kationen ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ). Die „Bodennährstoffversorgungsstufen“ werden als Indikatoren herangezogen und die Bewertungsfunktionen (Abb. 2h) zeigen die jeweiligen Gehaltsklassen A (schlecht versorgt) bis E (überversorgt). Aus Sicht der Pflanzenernährung ist die Versorgungsklasse C (optimal versorgt) anzustreben, sodass diese mit einer Bewertung von 1 versehen ist.

Die intensive Grünlandbewirtschaftung hat erhebliche Auswirkungen auf die Belastung abiotischer Ressourcen, die sich insbesondere durch die geringe Nährstoffeffizienz aber auch durch den hohen Einsatz fossiler Energie zusammenfassen lassen. Vor dem Hintergrund eines nachhaltigen Konzeptes sind diese vielfach erwähnt worden und es gilt zur Bewertung insbesondere Nährstoffverluste von reaktiven N-Verbindungen in eine Gesamtbewertung zu integrieren. Als Indikatoren für ökologische Effekte sind im vorliegenden Ansatz daher somit neben den Daten zur Bodennährstoffversorgung sowohl der Leguminosenanteil aufgrund der symbiontischen N-Versorgung und zur Beurteilung der Energieeffizienz relevant. Ferner dienen die RP-Gehalte als Indikator zur Beurteilung der N-Verwertungseffizienz des Düngereinsatzes.

## **4 Datengrundlage zur Anwendung des Indikatoransatzes**

### **4.1 Norddeutsche Tiefebene I: Konventionell und ökologisch bewirtschaftete Flächen in Schleswig-Holstein:**

Den ersten Teil der Datengrundlage bilden ausgewählte Grünlandflächen des Projektes „COMPASS (COMPARative ASSESSment of land use systems)“ (43), das in den Jahren 2004–2006 auf 32 Praxisbetrieben in Schleswig-Holstein (Naturräume Marsch, Geest und östliches Hügelland) durchgeführt wurde. Die Jahresdurchschnittstemperaturen der Versuchsjahre liegen bei 9,2 (2004) und 9,3 °C (2005) und die Niederschlagsmengen bei 850,2 und 707,4 mm.

Der Datensatz umfasst 54 konventionell und 38 ökologisch bewirtschaftete Dauergrünlandflächen (Silagenutzung und Mähweiden) von Milchvieh-Futterbaubetrieben. Die Flächen wurden je nach Nutzungssystem und Betriebsform mit mineralischen und organischen Düngern (0–300 kg N ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup>) gedüngt. In den Jahren 2004 und 2005 wurden sowohl Ertrags- (TM-Ertrag) und Qualitätsuntersuchungen (RP- und Energiegehalt) an Silageproben einzelner Aufwüchse als auch Bodenuntersuchungen (pH-Wert (pH), Kalium (K)-, Magnesium (Mg)- und Phosphat (P)-gehalt) für die Bestimmung der Bodennährstoffgehaltsklassen durchgeführt. Im Jahr 2005 erfolgte auf jeder Fläche eine Ertragsanteilschätzung nach KLAPP (46) zur Erfassung der Fraktionen Gras, Leguminosen, Kraut und Lücken und eine genaue Artenerfassung mit Ertragsanteilen.

### **4.2 Norddeutsche Tiefebene II: Ökologisch bewirtschaftete Flächen in Niedersachsen:**

Die Daten der zweiten Untersuchung entstammen einem Pilotprojekt „Ökolandbau Wasserschutz Elbe-Weser Dreieck“ der Landwirtschaftskammer Hannover, dem Ökoring Niedersachsen und der Gesellschaft für Ressourcenschutz (2), das in den Jahren 1997–1999 in Niedersachsen durchgeführt wurde. Das Untersuchungsgebiet im niedersächsischen Tiefland ist maritim geprägt mit eher feuchten, kühlen Sommern und milden Wintern. Auf 11

ökologisch bewirtschafteten Milchviehfutterbaubetrieben, die sowohl auf der Geest, als auch auf der Marsch lokalisiert sind, wurden insgesamt 18 (jeweils 9) Grünlandflächen erfasst und bewertet, die als Weide, Mähweide und Schnittnutzung bewirtschaftet wurden. Detaillierte Standortbeschreibungen sind im Abschlussbericht (2) zusammengestellt. In den Jahren 1997 und 1999 wurden Bestandsbonituren, Ertragsanteilschätzung nach KLAPP, (46) der einzelnen Flächen durchgeführt und ferner die Erträge nach der Nettoertragsberechnung nach BLATTMANN (12) und die Futterqualitäten (RP- und NEL-Gehalt) und Bodennährstoffgehalte (K, Mg, P) der einzelnen Flächen und Aufwüchse bestimmt. Für die Anwendung des Indikatoransatzes liegen insgesamt 18 Einzelbeobachtungen vor.

### **4.3 Datengrundlage zum Test der Übertragbarkeit des Ansatzes auf alpine Standorte; Semi-intensiv und extensiv bewirtschaftete Glatthaferwiesen im Raum Gumpenstein (Österreich):**

Die Daten der dritten Untersuchung entstammen einem Datensatz aus der österreichischen Region „mittleres steirisches Ennstal“, die im Rahmen des MAB (Man and Biosphere)-Projektes (vgl. 56) in den Jahren 1997–2001 auf ausgewählten Praxisflächen erhoben wurden. Die Jahresdurchschnittstemperatur der Untersuchungsgebiete variiert aufgrund der unterschiedlichen Höhenlage zwischen 4,9–9,3 °C mit durchschnittlichen Niederschlagssummen zwischen 425–1420 mm. Wirtschaftsdünger stellen in den betrachteten Zweischnitt-, Dreischnitt- und Vielschnittwiesen die Hauptnährstoffversorgung dar (27–117 kg N ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup>). Die Ansprache der Grünlandflächen hinsichtlich der botanischen Zusammensetzung wurde mittels der Methode BRAUN-BLANQUET (13) vorgenommen. Ergänzend wurde eine Einschätzung nach Gewichtsprozenten für die funktionellen Gruppen Gräser, Kraut und Leguminosen durchgeführt, die zur Ermittlung der DWZ herangezogen wurden. Der Parameter Lückigkeit muss im Ergebnisteil außer Acht gelassen werden, da keine entsprechenden Daten erhoben wurden. Ferner wurden die Erträge, Futterqualitäten und die Bodennährstoffe (P, K) auf den einzelnen Flächen untersucht. Der vorliegende Datensatz umfasst 18 Zweischnitt-, 18 Dreischnitt- und 4 Vielschnittwiesen, sodass insgesamt 40 Datensätze vorliegen.

## **5 Ergebnisse der Indikatoranwendung**

### **5.1 Auswahl der Indikatoren**

Bevor die Bewertung der Datensätze verschiedener Untersuchungsregionen vorgenommen wird, erfolgte eine Prüfung der ausgewählten Indikatoren hinsichtlich möglicher Signifikanzen und Korrelationen (vgl. Abschn. 3.1). Die Korrelationsergebnisse des Gesamtindices sind in Tabelle 2 in Form der Bestimmtheitsmasse ( $r^2$ ) und der jeweiligen Signifikanzniveaus ( $Pr > F$ ) dokumentiert. Es zeigen sich kaum signifikante Beziehungen, wie z. B. zwischen den Parametern FWZ und Krautanteil.

Die anschließende Varianzanalyse der signifikanten Beziehungen zeigt, dass kein Parameter ausreichend genau ( $r^2$  zwischen 0,27 und 0,53; Daten nicht dargestellt) durch einen anderen abgebildet werden kann. Für alle Datensätze wurde in der Gesamtbewertung eine gleich starke Gewichtung der Einzelindikatoren durchgeführt. Allein die Beziehung zwischen dem Krautanteil und der FWZ für den Datensatz Gumpenstein zeigt ein Bestimmtheitsmaß von 0,8.



**Tabelle 2. Ergebnisse der multiplen Korrelationsanalyse aller zur Verfügung stehenden Indikatoren für die Datensätze Schleswig-Holstein, Niedersachsen und Gumpenstein [Bestimmtheitsmaß (r<sup>2</sup>) und Signifikanzniveau (Pr>F)]**

Schleswig-Holstein konventionell	FWZ	Leguminosenanteil	Krautanteil	Lückigkeit	Ertrag	RP-Gehalt	NEL-Gehalt
	Bestimmtheitsmaß (r <sup>2</sup> ) und (Signifikanzniveau Pr>F)						
FWZ	0.0312 (ns)	0.2509 (***)	0.0936 (*)	0.06046 (ns)	0.02343 (ns)	0.0008 (ns)	
Leguminosenanteil			0.0029 (ns)	0.0035 (ns)	0.00009 (ns)	0.00111 (ns)	0.00320 (ns)
Krautanteil				0.0555 (ns)	0.15761 (**)	0.07922 (*)	0.02556 (ns)
Lückigkeit					0.01346 (ns)	0.00796 (ns)	0.00415 (ns)
Ertrag						0.000008 (ns)	0.00870 (ns)
RP-Gehalt							0.04179 (ns)
NEL-Gehalt							
Schleswig-Holstein ökologisch	FWZ	Leguminosenanteil	Krautanteil	Lückigkeit	Ertrag	RP-Gehalt	NEL-Gehalt
	Bestimmtheitsmaß (r <sup>2</sup> ) und (Signifikanzniveau Pr>F)						
FWZ	0.0165 (ns)	0.2249 (***)	0.2109 (**)	0.02804 (ns)	0.01545 (ns)	0.005459 (ns)	
Leguminosenanteil			0.03186 (ns)	0.01409 (ns)	0.00050 (ns)	0.018607 (ns)	0.04156 (ns)
Krautanteil				0.37730 (***)	0.06681 (ns)	0.007192 (ns)	0.00061 (ns)
Lückigkeit					0.04676 (ns)	0.000375 (ns)	0.04534 (ns)
Ertrag						0.49296 (***)	0.30469 (***)
RP-Gehalt							0.57097 (***)
NEL-Gehalt							
Niedersachsen ökologisch	FWZ	Leguminosenanteil	Krautanteil	Lückigkeit	Ertrag	RP-Gehalt	NEL-Gehalt
	Bestimmtheitsmaß (r <sup>2</sup> ) und (Signifikanzniveau Pr>F)						
FWZ	0.05464 (ns)	0.63689 (***)	0.00142 (ns)	0.12409 (ns)	0.31673 (ns)	0.06849 (ns)	
Leguminosenanteil			0.06335 (ns)	0.05338 (ns)	0.92046 (*)	0.03467 (ns)	0.15096 (ns)
Krautanteil				0.04357 (ns)	0.00323 (ns)	0.28341 (ns)	0.04393 (ns)
Lückigkeit					0.83642 (ns)	0.04672 (ns)	0.00659 (ns)
Ertrag						0.32824 (ns)	0.68752 (ns)
RP-Gehalt							0.45251 (*)
NEL-Gehalt							
Gumpenstein	FWZ	Leguminosenanteil	Krautanteil	Lückigkeit	Ertrag	RP-Gehalt	NEL-Gehalt
	Bestimmtheitsmaß (r <sup>2</sup> ) und (Signifikanzniveau Pr>F)						
FWZ	0.16707 (***)	0.66341 (***)	0.09411 (ns)	0.34495 (***)	0.03066 (ns)	0.00656 (ns)	
Leguminosenanteil				0.00928 (ns)	0.00077 (ns)	0.00137 (ns)	
Krautanteil				0.17359 (**)	0.00042 (ns)	0.00577 (ns)	
Lückigkeit							
Ertrag						0.19706 (**)	0.20476 (*)
RP-Gehalt							0.23646 (*)
NEL-Gehalt							

### 5.2 Bewertung der Bestände im norddeutschen Tiefland

Die Abb. 3 zeigt die Verteilung der untersuchten Bestände hinsichtlich aller ausgewählten Indikatoren für die Regionen Schleswig-Holstein und Niedersachsen, ausgeschlossen der Bodengehaltsklassen. Die konventionell bewirtschafteten Grünlandflächen in Schleswig-Holstein zeigen im Mittel hohe Futterwertzahlen mit einer Bewertung von 0,77. Die Leguminosenanteile sind gering und erreichen auf keiner Untersuchungsfläche Ertragsanteile >10%. Die betrachteten Grünlandflächen zeigen für die Krautanteile keine kritischen Überschreitungen, sodass die mittlere Bewertung mit 0,96 hoch liegt. Die Anteile an Lücken schwanken zwischen 1–15 %. Im Mittel werden Erträge von 95 dt TM ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup> erreicht, was einer Bewertung von 0,44 entspricht. Hinsichtlich der RP-Gehalte überschreiten 27 % der Bestände den kritischen Gehalt von 18 % RP und nur 2 % der betrachteten Bestände unterschreiten die minimalen Gehalte von 14 % RP. Im Mittel werden 16,5 % RP-Gehalt (Bewertung von 0,86) gemessen. Der für die Milchleistung entscheidende Indikator NEL-Gehalt liegt im Jahresdurchschnitt bei 6,2 MJ NEL kg<sup>-1</sup> TM, jedoch erreicht knapp ¼ der Grünlandbestände den Grenzwert von 6 MJ NEL kg<sup>-1</sup> TM nicht.

Für die ökologisch bewirtschafteten Bestände zeigt sich teilweise ein anderes Bild. Die mittlere Futterwertzahl von 5,7 liegt mit einer Bewertung von 0,37 deutlich geringer als die der konventionellen Grünlandflächen, wohingegen die Leguminosenanteile mit durchschnittlich 8 % im Bestand höher liegen, aber dennoch deutlich unterhalb des Optimalbereichs anzusiedeln sind. Die Krautanteile schwanken zwischen 1–30 %, jedoch liegen 15 % der untersuchten Flächen oberhalb von 20 % Krautanteil. Die Ertragsleistung

wird mit 0,21 im Durchschnitt schlecht bewertet, während die Qualitätsparameter mit 0,99 (RP-Gehalt) und 0,96 (NEL-Gehalt) positiv abschneiden und durchaus mit den intensiv gedüngten konventionell bewirtschafteten Flächen vergleichbar sind.

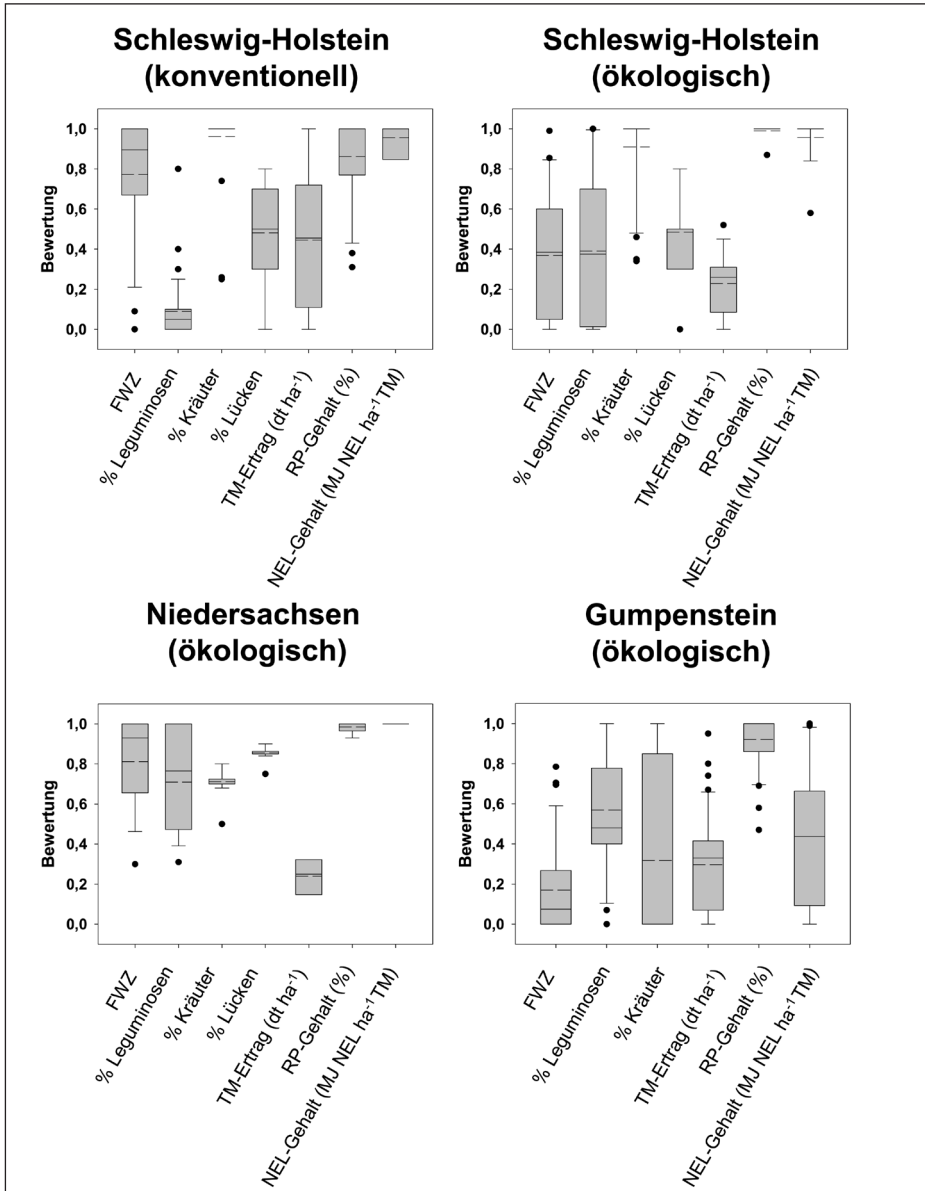


Abb. 3. Verteilung der Indikatorenbewertung (ohne Bodengehaltsklassen) dargestellt als box plots für die Regionen Schleswig-Holstein (konventionell und ökologisch), Niedersachsen (ökologisch) und Gumpenstein (ökologisch) mit 10, 25, 50, 75 und 90 % Quantilen, Ausreißern (Punkte) und Mittelwerten (---).

**Tabelle 3. Einstufung der betrachteten Flächen aus Schleswig-Holstein (SH) (konventionell, ökologisch) und Niedersachsen (ökologisch) in die jeweilige Bodengehaltsklasse (in %) hinsichtlich pH-Wert, Kalium-, Magnesium- und Phosphatgehalt**

SH konventionell (n=23)	Bodengehaltsklasse / Bewertung				
	A / 0	B / 0.5	C / 1	D / 0.5	E / 0
PH-Wert	-	52.2	21.7	26.1	-
Kalium	26.1	30.6	26.1	8.6	8.6
Magnesium	-	26.1	13.1	8.6	52.2
Phosphat	34.9	26.1	30.4	8.6	-
<b>SH ökologisch (n=23)</b>					
PH-Wert	-	43.4	4.0	52.6	-
Kalium	30.4	43.5	26.1	-	-
Magnesium	34.7	30.4	30.4	4.5	-
Phosphat	-	39.1	39.1	21.8	-
<b>Niedersachsen (n=18)</b>					
Kalium	27.8	44.4	22.2	-	5.6
Magnesium	11.1	61.1	27.8	-	-
Phosphat	72.2	27.8	-	-	-

Die Bewertungsergebnisse für die Region Niedersachsen (Abb. 3), die hinsichtlich der Bewirtschaftung den ökologisch bewirtschafteten Flächen aus Schleswig-Holstein entsprechen, zeigen höhere Futterwertzahlen (im Durchschnitt eine Bewertung von 0,81) und Leguminosenanteile (0,71). 27 % der Flächen überschreiten kritische Krautanteile von 20 % und 3 % Lücken sind im Mittel der Bestände vorhanden. Die Ertragsleistung ist mit 80 dt TM ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup> geringer als in Schleswig-Holstein (bewertet mit 0,24), wohingegen die Bewertungen der RP-Gehalte und NEL-Gehalte mit 0,98 und 1 für beide Indikatoren fast im Optimalbereich liegen.

In Tabelle 3 sind ergänzend die Flächen hinsichtlich ihrer Einordnung in die Bodengehaltsklassen in % dargestellt. Es zeigt sich, dass auf fast allen Flächen, sowohl in Schleswig-Holstein als auch in Niedersachsen erhebliche Mangelsituationen gegeben sind und nur wenige Flächen hinsichtlich des pH-Wertes, bzw. des P-, K-, und Mg- Gehaltes optimal (Klasse C entspricht einer Bewertung von 1) versorgt sind. Optimale pH- Werte weisen weniger als ¼ der Flächen in den Untersuchungsgebieten auf, während die meisten Flächen jeweils in der Gehaltsklasse B, also leicht unterversorgt, einzustufen sind.

Die abschließende Gesamtbewertung aller Untersuchungsflächen ist in Abbildung 4 dargestellt. Die Gesamtbewertung stellt für jede Untersuchungsfläche einen Mittelwert aller zur Verfügung stehenden Indikatoren dar.

Von den 54 konventionell bewirtschafteten COMPASSflächen wird eine mittlere Boniturnote von 0,64 erreicht. Die Bewertungen liegen zwischen 0,4 und 0,80. Die meisten

schwanken zwischen 0,6–0,8 und sind somit im oberen Drittel der Bewertung angeordnet. Die ökologisch bewirtschafteten Flächen derselben Untersuchungsregion zeigen im Durchschnitt eine Bewertung von 0,60. Die geringste Bewertung beträgt 0,50 und die höchste knapp 0,80. Für die Untersuchungsflächen in Niedersachsen sind minimale Bewertungen von 0,6 für zwei Flächen festzustellen, während der Höchstwert von 0,9 nur von einer Untersuchungsfläche erreicht wird. Die 15 anderen Flächen liegen ebenfalls im oberen Drittel zwischen 0,65–0,85.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass die intensiv genutzten konventionell und ökologisch bewirtschafteten Bestände Norddeutschlands die Sensitivität des Ansatzes widerspiegeln. Damit kann die generelle Aussagefähigkeit des Indikatoransatzes bestätigt werden. In der Konsequenz sind die Indikatoren geeignet, das Leistungs- und Qualitätsniveau intensiv genutzter Grünlandflächen, sowohl bei konventioneller als auch ökologischer Bewirtschaftung, abzubilden.

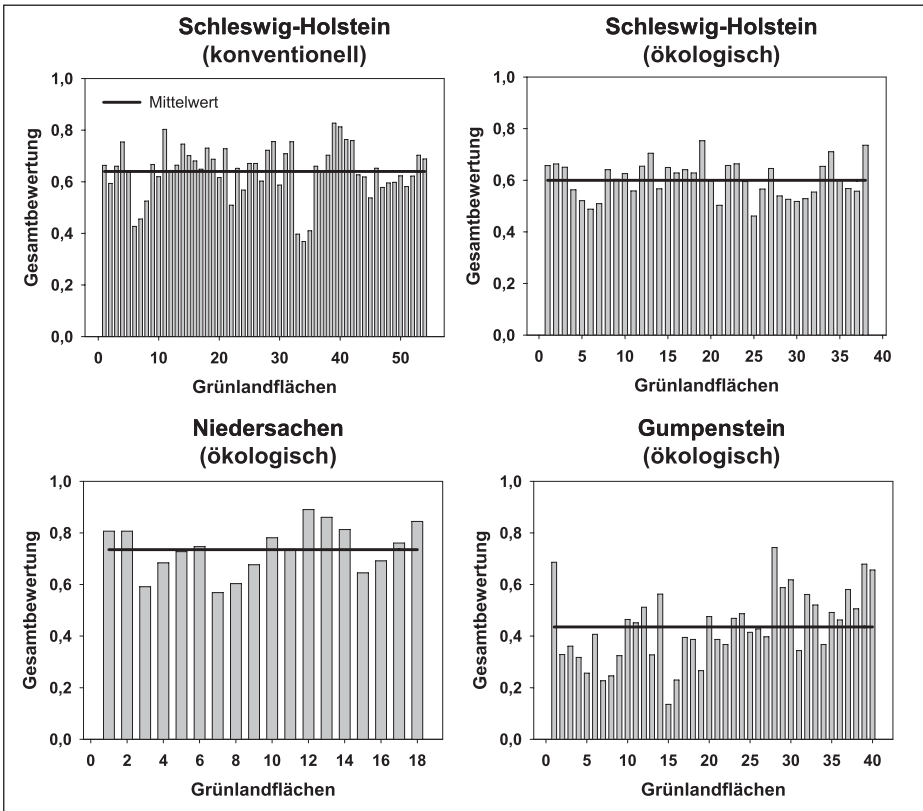


Abb. 4. Gesamtbewertung der Regionen Schleswig-Holstein (konventionell und ökologisch), Niedersachsen (ökologisch) und Gumpenstein (ökologisch) im Durchschnitt aller Indikatoren. Jede Säule kennzeichnet eine Fläche.

### 5.3 Bewertung der Bestände der alpinen Bergregion Gumpenstein

Abb. 3 zeigt die Einordnung der einzelnen Flächen für die Region Gumpenstein hinsichtlich aller zur Verfügung stehenden Indikatoren ohne die Bodengehaltsklassen. In Abbildung 4 ist ergänzend die abschließende Gesamtbewertung der Flächen abgebildet. Der Indikator Futterwertzahl zeigt weniger starke Schwankungen als dies für Norddeutsch-

land verzeichnet wurde, doch liegt der Mittelwert deutlich niedriger mit einer Bewertung von 0,2. Die Leguminosen- und Krautanteile werden mit 0,56 bzw. 0,31 im Durchschnitt schlecht bewertet. Insgesamt schwanken die Anteile an Leguminosen der untersuchten Bestände zwischen 0–40 % und die Krautanteile zwischen 10–73 % im Bestand. Der RP-Gehalt erhält im Mittel mit 0,89 eine hohe Bewertung. Optimale Energiedichten von 6 MJ NEL kg<sup>-1</sup> TM werden auf keiner Fläche erreicht und so ist die durchschnittliche Bewertung von 0,4 sehr gering. Eine weitere Schwachstelle in diesem Untersuchungsgebiet ist ebenso wie in Norddeutschland die Bodennährstoffversorgung, die im Mittel für die Phosphatgehalte mit 0,2 und für Kalium mit 0,5 abschneidet (Daten nicht dargestellt).

Die anschließende Gesamtbewertung mit mittleren Boniturnoten von 0,14–0,74 und einem Mittelwert von 0,44 fällt im Vergleich zu Norddeutschland deutlich ab. In der Darstellung der Gesamtbewertung sind die Flächen 1–18 als Zweischnitt-, die Flächen 19–36 als Dreischnitt- und die Flächen 37–40 als Vielschnittflächen genutzt worden. Es kann festgehalten werden, dass bei Betrachtung der unterschiedlichen Bewirtschaftungsintensität für die Zweischnittflächen Gesamtbewertungen von im Durchschnitt 0,36, für die Dreischnittflächen von 0,46 und für die Vielschnittflächen von 0,57 festzuhalten sind, sodass eine steigende Nutzungsintensität die Gesamtbewertung für diese Region verbessert.

Insgesamt zeigt die Extrapolation auf alpine Standorte, dass die Anwendbarkeit des Ansatzes für semi-intensiv und extensiv genutzte Glatthaferwiesen die Aussagefähigkeit der Indikatoren im Sinne der Produktionsfunktion bestätigt. Es wird deutlich, dass die abgeleiteten Optimalbereiche der Bewertungsfunktionen für Parameter, wie die Futterwertzahl und die Energiegehalte, die als limitierend für eine hohe Milchleistung beschrieben wurden, unter den gegebenen Standort- und Bewirtschaftungsbedingungen (~ 3 Schnitte) nicht erreichbar sind. In der Konsequenz sind die beschriebenen Glatthaferwiesen als Grenzregion einer leistungsorientierten Milchviehfütterung anzusprechen.

## **6 Diskussion**

### **6.1 Auswahlkriterien von Indikatoren**

Motiviert durch die aktuellen politischen Rahmenbedingungen und der Forderung, mit geeigneten Indikatoren das Prinzip der Nachhaltigkeit verschiedener Landnutzungssysteme in die Praxis umzusetzen, wurde in der vorliegenden Studie ein Indikatoransatz für intensiv genutztes Grünland entwickelt. Bisher angewandte Methoden zur Bewertung der Nachhaltigkeit in diesem Bereich konzentrieren sich ausschließlich auf einzelne, nicht vernetzte Indikatoren (N- und Energiebilanz, Ertrag, Futterqualität) und ermöglichen weder eine Gesamtbewertung von Grünlandsystemen noch eine Schwachstellenanalyse im Hinblick auf mögliche Verbesserungen in der Bewirtschaftung.

Für die Auswahl der Indikatoren im hier präsentierten Ansatz galt es sowohl eine einfache Datenerhebung verbunden mit geringen Kosten (vgl. 62) als auch die Umsetzbarkeit (Benutzerfreundlichkeit) in der Praxis zu gewährleisten. Dabei wurden sowohl Indikatoren zur Abschätzung des potenziellen Futterwertes als auch der aktuellen Leistung und ökologischer Effekte betrachtet. Bisher bestehende Gesamtbetriebsmodelle [z. B. REPRO] (38) konzentrieren stark auf den Pflanzenbau (33) und stellen somit in ihrer Bewertung kaum Verknüpfungen der Einzelsysteme Boden-Pflanze-Tier her. Um den Bereich Grünlandbewirtschaftung und intensive Milchproduktion zu vernetzen, wurden neben rein pflanzenbaulich orientierten Indikatoren Schlüsselparameter, die auch den Bereich der potenziellen tierischen Leistung und der relevanten Indikatoren zur Bewertung des Bodens umfassen, in den vorgestellten Ansatz integriert.

Zum einen ist dies der Leguminosenanteil, dem im Hinblick auf eine nachhaltige Grünlandbewirtschaftung eine Indikatorfunktion zuteil werden muss, da sowohl die Nährstoff- und Energieeffizienz über eine Substitution des Mineraldüngers entlastet bzw. verbessert (41; 84), als auch die Futterqualität des Grundfutters (16; 28; 75; 87) erhöht werden kann. Zum anderen ermöglicht die Implementierung der RP-Gehalte als Bewertungsparameter eine Verknüpfung der Komponenten Pflanze-Tier-Boden. Optimierte N-Gehalte im vorliegenden Indikatoransatz sind auf der einen Seite auf eine hohe Milchleistung abgestimmt und minimieren auf der anderen Seite die N-Verluste durch eine Verringerung der N-Ausscheidungen (31; 37) und stellen somit ein Maß für die Verwertungseffizienz der N-Düngung dar. Ergänzend bietet der RP-Gehalt als Indikator im Vergleich zur N-Bilanz laut Düngeverordnung (9) den Vorteil einer leichten und validen Datenzugänglichkeit verbunden mit zusätzlichen Informationen über die potenzielle tierische Leistung. Ein weiterer Schlüsselparameter ist die Bodennährstoffversorgung, die bislang nur zur Ermittlung optimaler Düngungsempfehlungen (vgl. 10) Bedeutung erlangt hat und derzeit lediglich in der Schweiz (5) in einen Indikatoransatz eingebunden ist.

Der vorliegende Ansatz bietet somit erstmalig die Möglichkeit, eine umfassende Vernetzung der Bereiche Pflanze-Boden-Tier in einen Ansatz zu integrieren, der neben einer gesicherten Datenerfassung aussagekräftige Indikatoren hinsichtlich der Bonität, der Bestandsdegradierung und der potenziellen und aktuellen Futterqualität und Ertragsleistung zusammenführt.

## 6.2 Anwendbarkeit des Ansatzes und Schwachstellenanalyse der Regionen

Komplexe Indikatorsysteme, wie auch in diesem Ansatz gezeigt, beinhalten eine Vielzahl von bewertenden Parametern, die aufgrund z. T. inverser Beziehungen (z. B. Ertrag und Energiedichte) nicht alle gleichzeitig optimiert werden können. So zeigt schon die Betrachtung der einzelnen Untersuchungsflächen in einer Region erhebliche Variation für einzelne Indikatoren (vgl. Abb. 3). Eine Darstellungsmöglichkeit, um Schwachstellen in einem Untersuchungsgebiet aufzuzeigen, bietet die Netzdiagrammtechnik. Diese bildet die Mittelwerte der Einzelindikatoren in Form eines Netzes ab (Abb. 5), sodass Werte, die am Rande des Netzes liegen eine positive Bewertung ausdrücken, wohingegen Werte, die dicht am Mittelpunkt liegen, eine negative Bewertung implizieren.

Für konventionell bewirtschaftete Grünlandflächen in Schleswig-Holstein sind insbesondere die Leguminosenanteile und die Bodennährstoffgehalte negativ zu bewerten. Ferner besteht Potenzial, die überwiegend zu hohen RP-Gehalte (vgl. Abb. 3) durch eine angepasste Düngung zu reduzieren (vgl. 75) und somit den vorgegebenen Optimalbereich von 14–18 %, der für eine hohe Milchleistung ausreicht, besser zu treffen und damit das Verlustpotenzial intensiv gedüngter Bestände zu reduzieren. Hinsichtlich der Futterqualität und auch im Hinblick auf die Persistenz sind die Flächen insgesamt positiv zu beurteilen. Die durchschnittlichen Bodennährstoffgehalte sind jedoch kritikwürdig, sodass die derzeit praktizierte Düngung und Kontrolle der Bodennährstoffgehalte verbessert werden kann. In den hohen mineralischen N-Düngergaben ist eine Ursache für die geringen Leguminosenanteile begründet, da diese durch die steigende Konkurrenzkraft der Gräser mit zunehmender N-Intensität verdrängt werden (76). Die vergleichsweise geringen Ertragsleistungen im Mittel der geprüften Flächen und die großen Ertragsunterschiede der konventionell bewirtschafteten Flächen zeigen, dass durch ein optimiertes Management bzw. Pflegemaßnahmen durchaus Brutto-TM-Erträge  $>125 \text{ dt TM ha}^{-1}\text{a}^{-1}$  für intensiv genutzte Bestände erreichbar sind. So liegen 6 Flächen im Optimalbereich der Bewertung, jedoch ca. die Hälfte der betrachteten Flächen erreichen nur  $<100 \text{ dt TM ha}^{-1}\text{a}^{-1}$ , was u. a. auf die mangelnde Phosphat- und Kalium-Versorgung (Bodengehaltsklasse A) der Böden zurückgeführt werden kann. Auch Ergebnisse der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein

(72) verweisen auf starke Ertragsschwankungen hinsichtlich der Netto-TM-Erträge von Grassilage, die im Hinblick auf eine Reduktion von Grundfutterkosten verbesserungsfähig sind. Brutto-Ertragsleistungen  $>100$  dt TM ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup> werden für leistungsfähige Grünlandnarben in dieser Region auch in dieser Untersuchung bestätigt (72).

Auf den ökologisch bewirtschafteten Vergleichsflächen wurden im Mittel nur geringe Futterwertzahlen erreicht, wobei die Energiegehalte dennoch optimal erscheinen. Es kann geschlussfolgert werden, dass bei einem Vergleich konventionell und ökologisch bewirtschafteter Flächen die Nutzungshäufigkeit den wichtigsten Einflussfaktor auf die Futterqualität darstellt, da die untersuchten Bestände für diese Indikatoren durchaus gleiches Potenzial zeigen. Der Einfluss der mineralischen N-Düngung zeigt sich durch einen Vergleich der Leguminosenanteile, die in den konventionell bewirtschafteten Flächen geringer sind als in den ökologisch bewirtschafteten (vgl. 83). Dennoch besteht auch hier insbesondere für letztere Verbesserungsbedarf, da die symbiotische N-Fixierung – neben organischen N-Düngern – die einzige zusätzliche N-Quelle der ökologisch bewirtschafteten Bestände darstellt. Die Bodennährstoffversorgung der ökologisch bewirtschafteten Flächen ist ebenso wie die der konventionellen negativ zu beurteilen und eine Ursache der geringen Leguminosenanteile und Ertragsleistungen.

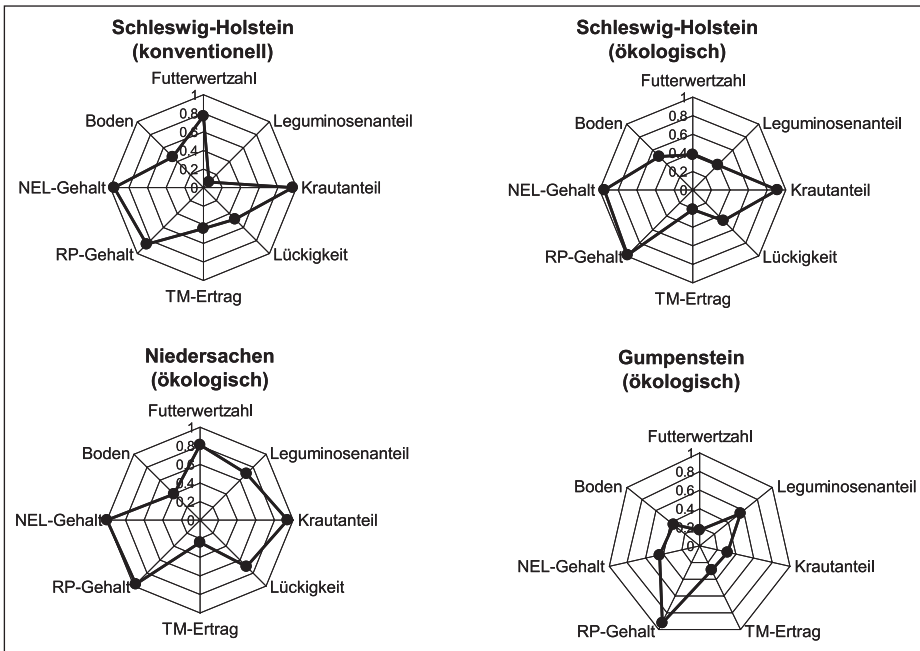


Abb. 5. Darstellung der Schwachstellenanalyse in Form von Netzdiagrammen für die einzelnen Untersuchungsregionen Schleswig-Holstein (konventionell und ökologisch), Niedersachsen (ökologisch) und Gumpenstein (ökologisch)

Für die Region Niedersachsen, in der ökologisch bewirtschaftete Flächen untersucht wurden, zeigt sich ein ähnlicher Zusammenhang. Für diese Region ist lediglich der Parameter Bodennährstoffversorgung in der Gesamtwertung derjenige, der Optimalbereiche nur selten erreichen kann und damit die Gesamtbewertung nach unten korrigiert. Eine Mangelsituation (Versorgungsstufe A) insbesondere für Phosphat ist kritisch zu beurteilen und zeigt, dass auch in dieser Region erhebliches Potenzial besteht, die damit verbunde-

nen geringen Ertragsleistungen zu verbessern. Insgesamt zeigen sich für diese Region die besten Bewertungen.

Zur Möglichkeit der Extrapolation auf alpine Regionen wurde ein Datensatz der Bergregion Gumpenstein betrachtet. Pflanzensozioologisch dominieren in der Region Glatthawiesen (*Arrhenatheretalia*), die sich botanisch stark von den *Lolium-Cynosuretum*-Gesellschaften der norddeutschen Tiefebene unterscheiden. Sowohl die Bewertung der Futterwertzahl, der funktionellen Gruppen an Leguminosen und Kräutern, der TM-Erträge, der Bodennährstoffgehalte als auch der Energiegehalte fällt im Vergleich zu der Norddeutschen Tiefebene ab und spiegelt damit die Sensitivität der gewählten Indikatoren wider. Aufgrund der standörtlichen Gegebenheiten sind die der Untersuchung zur Verfügung stehenden Bestände botanisch durch hohe Leguminosen- und Krautanteile definiert, die stabile Bestände der Region abbilden (17), aber hinsichtlich der Ertragsleistung und Futterqualität nicht mit Intensivregionen Norddeutschlands zu vergleichen sind. Für diese Region sind damit in der Konsequenz Indikatoren zu entwickeln, die ergänzende Aspekte der Multifunktionalität des Grünlandes (z. B. botanische Diversität) betrachten und bewerten und nicht ausschließlich auf eine Maximierung der Futterqualitätsleistung im Sinne der Produktionsfunktion abzielen.

Der vorgestellte Indikatoransatz kann in Abhängigkeit von der Datenverfügbarkeit variiert werden. Insbesondere dem ersten Aufwuchs kommt aufgrund einer hohen Futterqualität und der höchsten Ertragsleistung am Gesamt-Brutto-TM-Ertrag die größte Bedeutung zu (vgl. u. a. 75), sodass für diesen ergänzend Bewertungsfunktionen angewendet werden können. Damit wird ferner gewährleistet, dass neben ausschließlich Schnitt genutzten Beständen auch eine Anwendung des Indikatoransatzes für Mähweidenutzungen mit hohem Weideanteil (ein Schnitt mit Nachweiden) durchgeführt werden kann, da die Ertragskalkulation und Futterqualitätsanalyse in beweideten Systemen schwer durchführbar und mit Fehlern behaftet ist. Die Bewertungsfunktionen für den ersten Schnitt genutzten Aufwuchs der Indikatoren aus der Säule 1 (potenzielle Leistungen) bleiben dabei wie auch die RP-Gehalte und die Bodennährstoffversorgungsklassen unverändert, wohingegen die Energiedichte (NEL-Gehalte) und die Ertragsleistungen angepasst werden. In diesem Fall ergibt sich der Optimalbereich des TM-Ertrages bei  $>40 \text{ dt ha}^{-1}$  und des Energiegehaltes bei  $>6,4 \text{ MJ NEL kg}^{-1}\text{TM}$ . Die Funktionsgleichungen dieser Indikatoren sind ebenfalls in der Tabelle 4 (s. Anhang) dargestellt.

## 7 Schlussfolgerung

Der beschriebene Ansatz stellt erstmalig ein Instrument zum Nachweis der guten fachlichen Praxis für die Bewirtschaftung von intensiv genutztem Grünland zur Verfügung, das ebenso für die Praxisberatung als auch für politische Entscheidungsträger als Bewertungsinstrument geeignet ist. Es wird die Möglichkeit eröffnet, den Bereich der intensiven Grünlandbewirtschaftung detailliert anhand weniger, aussagekräftiger Indikatoren zu beschreiben und zu bewerten. Diese erfüllen die Anforderungen einer gesicherten Datenverfügbarkeit, Plausibilität, Reproduzierbarkeit und Relevanz. Insbesondere im Hinblick auf die Erfassung der Persistenz leistungsfähiger Bestände – vor dem Hintergrund neuer politischer Rahmenbedingungen – können aus den Ergebnissen Handlungsbedarfserfelder aufgezeigt werden, um die Grünlandbewirtschaftung ökonomisch produktiv zu erhalten, dabei aber gleichzeitig ökologisch verantwortlich zu gestalten.

Es hat sich gezeigt, dass die ausgewählten Indikatoren sowohl den Einfluss der Nutzungshäufigkeit als auch der mineralischen N-Düngung für intensiv genutzte Grünlandbestände Norddeutschlands widerspiegeln. Eine Übertragung auf eine extensivere Bewirtschaftung (geringere Nutzungshäufigkeit und geringeres Düngungsniveau) ist aufgrund



der primären Ausrichtung der Bewertungsfunktion anhand der Produktionsfunktion mit einer abfallenden Bewertung verbunden. Dies impliziert, dass weiterer Forschungsbedarf besteht, auch für diese Nutzungssysteme eine detaillierte Nachhaltigkeitsbewertung im Sinne der Multifunktionalität des Grünlandes zu gewährleisten, die sich anhand weiterer ergänzender Indikatoren ableiten muss. Eine abschließende Boniturnote, die zum Vergleich von Grünlandflächen ausgegeben werden kann, bietet ferner einen Anreiz für die landwirtschaftliche Praxis, das Grünland nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis zu bewirtschaften und anhand einer Note einen Nachweis zur Dokumentation einer nachhaltigen Bewirtschaftung zu erhalten.

### **Zusammenfassung**

Die Erhaltung von Dauergrünland stellt im Rahmen von Cross Compliance ein zentrales Ziel in der Agrar- und Umweltpolitik der EU dar, das durch hohe Anforderungen an die gute fachliche Praxis ergänzt wird. Dies setzt eine nachhaltige Bewirtschaftung voraus, um die Degradierung von Grünlandbeständen und in der Konsequenz einen Grünlandumbruch und damit verbundene negative ökologische Effekte zu verhindern.

Ziel der vorliegenden Studie ist es, einen Indikatoransatz zur Abschätzung des Leistungs- und Qualitätspotenziales zur Nachhaltigkeitsbewertung von intensiv genutztem Grünland, das vornehmlich als Grundfutter für die Produktionsrichtung Milch dient, zu formulieren und diesen auf seine Praxistauglichkeit zu testen. An die Auswahl der Indikatoren wurden die Anforderungen einer einfachen Datenerhebung verbunden mit geringen Kosten, eine einfache Umsetzbarkeit (Benutzerfreundlichkeit) in der Praxis und die Reproduzierbarkeit gestellt.

Der hier präsentierte Indikatoransatz berücksichtigt Parameter der botanischen Bestandszusammensetzung, des Ertrages und der Futterqualität sowie den Leguminosenanteil, den Rohprotein-Gehalt und die Bodennährstoffversorgung. Anhand von Bewertungsfunktionen werden die formulierten Indikatoren quantifiziert und dienen anschließend dazu, eine Schwachstellenanalyse der Grünlandbewirtschaftung durchzuführen und damit Problemfelder zu identifizieren. Ferner kann durch eine aggregierte Gesamtbewertung ein Vergleich der Nachhaltigkeit verschiedener Systeme durchgeführt werden.

Zur Prüfung der praktischen Anwendbarkeit dienten drei Untersuchungsregionen (Schleswig-Holstein, Niedersachsen, Gumpenstein) als Datengrundlage. Es zeigt sich, dass die aufgestellten Indikatoren zur Nachhaltigkeitsbewertung auf intensiv konventionell und ökologisch bewirtschafteten Flächen geeignet sind, jedoch bei extensiver Grünlandnutzung ergänzend Indikatoren im Sinne der Multifunktionalität des Grünlandes formuliert werden müssen.

### **Summary**

#### *An indicator-based approach for assessing sustainability of intensively managed grassland*

The conservation of permanent grassland is a major target in the European environmental policy of cross compliance. Therefore the sustainable management of grassland is important to prevent degradation processes and re-sowing. Aim of the study was an implementation of indicators to evaluate sustainability of intensively managed grassland. The selection criteria of indicators were easy data collection for minimising costs, easy handling for users and repeatability.

The methodology of the presented indicator-based approach considers parameters already used in other studies (yield, species composition, forage quality) and is extended by parameters like content of legumes, crude protein content and soil nutrient status.

Three datasets from Schleswig-Holstein, Lower Saxony and Austria were displayed by a weighting function, offering the possibility for finding chinks. A complete evaluation was performed to compare the sustainability of grassland systems. Our findings clearly showed, that for intensive conventional and organic managed grassland evaluated indicators are of great evidence but this approach has to be extended for extensively used grassland.

## Résumé

### *Une évaluation indicatrice concernant la durabilité de surfaces enherbées intensivement exploitées*

Le maintien de la durabilité de surfaces enherbées constitue dans le cadre de Cross Compliance un objectif central de la politique agricole et de la politique de l'environnement de l'Union européenne, objectif complété par les exigences non négligeables imposées à la pratique professionnelle qualifiée. Ceci implique une exploitation persistante afin d'éviter la dégradation de surfaces enherbées et, par voie de conséquence, un retournement des herbages et ainsi les effets écologiques négatifs qui en découlent.

Cette étude se propose de formuler une évaluation indicatrice dans le but de donner une évaluation du potentiel de la performance et de la qualité concernant l'appréciation de la persistance de la surface enherbée intensivement exploitée qui, avant tout, vise la production du lait et de tester cette évaluation indicatrice sur la capacité dans la pratique. Les exigences auxquelles doit répondre une simple enquête sur les données, liée à des coûts peu élevés, un simple écoulement (emploi favorable par l'utilisateur) dans la pratique et la reproductibilité constituent les critères déterminants de la sélection.

L'évaluation indicatrice faisant l'objet de la présente étude tient compte du paramètre de la composition botanique des effectifs du rendement et de la qualité des fourrages ainsi que du pourcentage des légumineuses, de la teneur en protéine pure et de l'approvisionnement du sol en substance nutritive. Les fonctions d'appréciation permettent de quantifier les indicateurs formulés et servent finalement, en outre, à procéder à une analyse des mauvais lieux où est pratiquée l'exploitation des herbages et ainsi d'identifier les problèmes auxquels sont soumis les champs. En outre une appréciation d'ensemble permet d'établir une comparaison portant sur l'efficacité des divers systèmes.

Trois régions soumises aux examens (Schleswig-Holstein, Basse-Saxe, Gumpstein) ont servi de base des données pour permettre l'examen de l'applicabilité pratique. On constate donc que les indicateurs présentés ayant pour objectif de déterminer l'efficacité sur les superficies exploitées intensivement, conventionnellement et écologiquement, sont qualifiés, mais dans le cas d'une exploitation extensive des herbages, il sera nécessaire, à titre complémentaire, de formuler des indicateurs dans le sens du caractère multifonctionnel des herbages.

## Literatur

1. Anonym<sub>b</sub>, 1999: Ministerium für ländliche Räume, Landwirtschaft, Ernährung und Tourismus des Landes Schleswig-Holstein (Hrsg.): Agrarreport Schleswig-Holstein, Kiel.
2. Anonym<sub>b</sub>, 1999: Öko-Landbau, Wasserschutz, Elbe-Weser Dreieck, Abschlussbericht 1999. Ein Gemeinschaftsprojekt von Landwirtschaftskammer Hannover, Ökoring Niedersachsen und der Gesellschaft für Ressourcenschutz.
3. Anonym, 2002: Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V. (Hrsg.): Grünlandbewirtschaftung – produktiv und umweltverträglich. Merkblatt 328.
4. Anonym<sub>a</sub>, 2003: Verordnung (EG) Nr. 1782/2003 des Rates vom 29. September 2003 mit gemeinsamen Regeln für Direktzahlungen im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik und mit bestimmten Stützungsregelungen für Inhaber landwirtschaftlicher Betriebe (Amtsblatt Nr. L 270 vom 21.10.2003, S. 1–69).
5. Anonym<sub>b</sub>, 2003: Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, FAL Reckenholz (Hrsg.): Agrar-Umweltindikatoren - Machbarkeitsstudie für die Schweiz. Schriftenreihe der FAL 47.
6. Anonym, 2004: Verordnung (EG) Nr. 796/2004 der Kommission vom 21. April 2004 mit Durchführungsbestimmungen zur Einhaltung anderweitiger Verpflichtungen, zur Modulation und zum Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystem nach der Verordnung (EG) Nr. 1782/2003 des Rates mit gemeinsamen Regeln für Direktzahlungen im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik und mit bestimmten Stützungsregelungen für Inhaber landwirtschaftlicher Betriebe (Amtsblatt Nr. L 141 vom 30.4.2004, S. 18–58).
7. Anonym<sub>a</sub>, 2005: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. S. 79. Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup.
8. Anonym<sub>b</sub>, 2005: Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (Hrsg.): Betriebswirtschaftliche Mitteilungen der Landwirtschaftskammer – Tierreport 2005. Heft 586/2006. Schleswig-Holstein, Kiel.
9. Anonym<sub>a</sub>, 2006: Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung). Bundesgesetzblatt Jahrgang 2006, Teil I Nr. 2, ausgegeben am 13.01.2006.
10. Anonym<sub>b</sub>, 2006: Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (Hrsg.): Richtwerte für die Düngung, 19. Aufl. 78 S.

11. BERG, M.; EISELE, J. A.; SCHULZE PALS, L., 2003: Umweltindikatoren als Element agrarpolitischer Maßnahmen – Möglichkeiten und Grenzen aus Sicht der Administration. *agrarspectrum* 36, S. 85–96.
12. BLATTMANN, W., 1966: Proc. of the 10<sup>th</sup> Int. Grassland Congress. In: KLAPP, E., 1971 (Hrsg.): *Wiesen und Weiden – Eine Grünlandlehre*. Paul Parey, Berlin, Hamburg.
13. BRAUN-BLANQUET, J., 1964: *Pflanzensoziologie*. Springer Verlag. 3. Aufl., Wien, New York.
14. BREITSCHUH, G.; ECKERT, H.; FEIGE, H.; GERNAND, U.; SAUERBECK, D., 2004: Entwicklung eines Umweltcontrolling-/Umweltoptimierungssystems in der Landwirtschaft. *Forschungsbericht* 201 94 108. UBA Texte 17/04.
15. BREVES, G.; RODEHUTSCORD, M., 2000: Gibt es Grenzen in der Zucht auf Milchleistung? – Aus der Sicht der Physiologie. S. 1–4. 27. Viehwirtschaftliche Fachtagung. 6.–8. Juni, 2000. BAL Gumpenstein.
16. BRÜNNER, F., 1954: Nährstoff- und Mineralstoffgehalte einiger Grünlandpflanzen. *Phosphorsäure* 14, S. 131–144.
17. BUCHGRABER, K., 2000: Wichtige Aspekte für die Bewertung des Grünlandes. *Der Sachverständige* 4, S. 151–157.
18. BULLOCK, J. M.; HILL, B. C.; DALE, M. P.; SILVERTOWN, J., 1994: An experimental study of the effects of sheep grazing on vegetation change in a species poor grassland and the role of seedling recruitment into gaps. *J. Applied Ecol.* 31, S. 493–507.
19. CONIN J. G.; VELTHOF G. L.; TAUBE, F., 2002: General introduction. In: J. G. CONIN; G. L. VELTHOF and F. TAUBE (eds.): *Grassland reseeding and grass-arable crop rotations*. International workshop on agricultural and environmental issues, Wageningen, The Netherlands, 18–19 April, 2002. Plant Research International B. V., Wageningen, Report 47.
20. COSGROVE, D.; CROPPER, J.; UNDERSANDER, D., 2001: *Guide to Pasture Condition Scoring & Pasture Condition Score Sheet*. USDA-NRCS Grazing Lands Technical Institute.
21. CURLL, M. L., 1982: The grass and clover content of pastures grazed by sheep. *Herbage Abstracts* 52, S. 403–411.
22. DALAL, R. C.; LAWRENCE, P.; WALKER, J.; SHAW, R. J.; LAWRENCE, G.; YULE, D.; DOUGHTON, J. A.; BOURNE, A.; DUIVENEVOORDEN, L.; CHOY, S.; MOLONEY, D.; TURNER, L.; KING, C.; DALE, A., 1999: A framework to monitor sustainability in the grains industry. *Austr. J. Experiment. Agric.* 39, S. 605–620.
23. DEINUM, B., 1981: The influence of physical factors on the nutrient content of forages. *Meded. Landbouwhogeschool Wageningen* 81, S. 1–18.
24. DIJKSTRA, N. D., 1958: Die Verluste bei der Graskonservierung. *Futterkonservierung* 4, S. 18–30.
25. ECKERT, H.; BREITSCHUH, G., 1994: Kritische Umweltbelastungen Landwirtschaft (KUL) – Eine Methode zur Analyse und Bewertung der ökologischen Situation von Landwirtschaftsbetrieben, *Archiv Acker Pflanze Boden* 38, S. 149–163.
26. ELGERSMA, A., 1998: Recent advances in grassland agronomy. *Grassl. Sci. Europe* 3, S. 607–618.
27. ERNST, P.; BERENDONK, C., 2003: Nutzungsmanagement für eine qualitätsorientierte Futterproduktion bei hoher tierischer Leistung. S. 53–61. Vorträge der DLG-Grünlandtagung vom 26. Juni 2006 Haus Riswick, Kleve.
28. FAIRBAIRN, C. G.; THOMAS, B., 1959: The potential nutritive value of some weeds common to northeast England. *J. Brit. Grassl. Soc.* 14, S. 36–46.
29. FISHER, G. E. J.; BAKER, L. J.; TILEY, G. E. D., 1996: Herbage production from swards containing a range of grass, forbs and clover species under extensive management. *Grass Forage Sci.* 51, S. 58–72.
30. FRAME, J.; NEWBOULD, P., 1986: Agronomy of white clover. *Adv. Agron.* 40, S. 1–88.
31. FRANK, B.; SWENSSON, C., 2002: Relationship between content of crude protein in rations for dairy cows and milk yield, concentration of urea in milk and ammonia emissions. *J. Dairy Sci.* 85, S. 1829–1838.
32. GIBB, M. J.; HUCKLE, C. A.; NUTHALL, R.; ROOK, A. J., 1999: The effect of physiological state (lactating or dry) and sward surface height on grazing behaviour and sward surface height on grazing behaviour and intake by dairy cows. *Appl. Animal Behaviour Sci.* 63, S. 269–287.
33. HALBERG, N.; VERSCHUUR, G.; GOODLASS, G., 2005: Farm level environmental indicators; are they useful? An overview of green accounting systems for European farms. *Agric., Ecosys. Environ.* 105, S. 195–212.
34. HECTOR, A.; SCHMID, B.; BEIERKÜHNLEIN, C.; CALDEIRA, M. C.; DIEMER, M.; DIMITRAKOPOULOS, G.; FINN, J. A.; FREITAS, H.; GILLER, P. S.; GOOD, J.; HARRIS, R.; HÖGBERG, P.; HUSS-DANNELL, H.; JOSHI, J.; JUMPPONEN, A.; KÖRNER, C.; LEADLEY, W.; LOREAU, M.; MINNS, A.; MULDER, C. P. H.; O'DONOVAN, G.; OTWAY, S. J.; PEREIRA, J. S.; PRINZ, A.; READ, D. J.; SCHERER-LORENZEN, M.; SCHULZE, E.-D.; SIAMANTZIOURAS, A.-S. D.; SPEHN, E. M.; TERRY, A. C.; TROUMBIS, A. Y.; WOODWARD, F. I.; YACHI, S.; LAWTON, J. H., 1999: Plant Diversity and Productivity Experiments in European Grasslands. *Science* 286, S. 1123–1127.
35. HERRMANN, A.; KELM, M.; KORNER, A.; TAUBE, F., 2005: Performance of grassland under different cutting regimes as affected by sward composition, nitrogen input, soil conditions and weather-a simulation study. *European Journal of Agronomy* 22, S. 141–158.

36. HÖHN, E., 1989: Feldverluste bei der Futterernte- Schicksal oder Nachlässigkeit? *Landwirt. Schweiz* 2, S. 281–283.
37. HOF, G.; VERVOORN, M. D.; LENAERS, P. J.; TAMMINGA, S., 1997: Milk urea nitrogen as a tool to monitor the protein nutrition of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80, S. 3333–3340.
38. HÜLSBERGEN, K. J., 2003: Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. *Habil. Schrift., Univ. Halle-Wittenberg.* Shaker Verlag, Aachen.
39. JONKER, J. S.; KOHN, R. A.; ERDMAN, R. A., 1999: Milk urea nitrogen target concentrations for lactating dairy cows fed according to National Research Council recommendations. *J. Dairy Sci.* 82, S. 1261–1273.
40. KÄDING, H.; SCHALITZ, G.; LEIPNITZ, W., 1993: Veränderungen der Gehalte an pflanzlichen Inhaltsstoffen durch extensive Bewirtschaftung von Niedermoorgrünland. *Wirtschaftseig. Futter* 39, S. 157–167.
41. KELM, M., 2003: Strategies for sustainable agriculture with particular regard to productivity and fossil energy use in forage production and organic arable farming. *Diss. Univ. Kiel. Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung Christian-Albrechts-Universität zu Kiel*, 34.
42. –; WACHENDORF, M.; TROTT, H.; VOLKERS, K.; TAUBE, F., 2004: Performance and environmental effects of forage production on sandy soils – Results from an integrated research project. III. Energy efficiency in forage production from grassland and maize for silage. *Grass Forage Sci.*, 59, S. 69–79.
43. –; HÜWING, H.; VEREET, J. A.; TAUBE, F., 2006: COMPASS- Vergleichende Analyse der pflanzlichen Produktion auf ökologischen und konventionellen Praxisflächen in Schleswig-Holstein. 160 S. *Endbericht.*
44. KLAPP, E., 1949: *Landwirtschaftliche Anwendungen der Pflanzensoziologie.* Ulmer Verlag, Stuttgart.
45. –; BOEKER, P.; KÖNIG, F.; STÄHLIN, A., 1953: *Wertzahlen der Grünlandpflanzen – Das Grünland.* S. 38–40. Shaper Verlag, Hannover.
46. –, 1965: *Grünlandvegetation und Standort.* Paul Parey, Berlin, Hamburg.
47. 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, S. 1403–1411.
48. KORNER, A.; NYMAN, P.; TAUBE, F., 1991: Ein Computermodell zur Berechnung der Qualität und Qualitätsveränderung von gräserdominierten Grünlandaufwüchsen aus Witterungsdaten. *Wirtschaftseig. Futter* 37, S. 232–248.
49. KRYSZAK, J., 2004: Grass- legume mixtures in arable crop rotations. *Grassl. Sci. Europe* 9, S. 535–537.
50. LÜTKE ENTRUP, N., 2003: Erfahrungen und Ergebnisse aus Hochleistungsbetrieben mit integrierter Grünlandwirtschaft in NRW. S. 43–53. *Vorträge der DLG-Grünlandtagung vom 26. Juni 2006 Haus Riswick, Kleve.*
51. MAINZ, A. K., 1995: *Futterqualität und Konservierungseigenschaften verbreiteter Grünlandkräuter.* *Diss. Justus-Liebig-Univ. Gießen.*
52. MERTENS, D. R., 1994: Regulation of forage intake. In: G. C. FAHEY; M. COLLINS; D. R. MERTENS und L. E. MOSER (eds.): *Forage quality, evaluation, and utilisation.* ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI. 450–493.
53. NÉHRING, W.; KÜSTERMANN, B., 2003: Anwendung von ‚REPRO‘ im Praxisbetrieb. In: M. GIRNAU; L. HÖVELMANN; W. WAHMHOF; W. WOLF und H. WURL (Hrsg.): *Nachhaltige Agrar- und Ernährungswirtschaft.* S. 109–119, Band 56. Erich Schmidt Verlag, Berlin.
54. NESHEIM, L., 1986: A grassland survey in Nordland, North Norway. 3. Feed quality parameters and yield. In: J. ISSELSTEIN, 1994: *Zum futterbaulichen Wert verbreiteter Grünlandkräuter.* *Habil. Schrift. Justus-Liebig-Univ. Gießen.*
55. NEWBOULD, P.; HOLDING, A. J.; DAVIES, G. J.; RANGELEY, A.; COPEMAN, G. J. E.; DAVIES, A.; FRAME, J.; HAYSTEAD, A.; HERRIOTT, J. B. D.; HOLMES, J. C.; LOWE, J. F.; PARKER, J. W. G.; WATERSON, H. A.; WILDIG, J.; WRAY, J. P.; YOUNIE, D., 1982: The effect of Rhizobium inoculation on white clover in improved hill soils in the United Kingdom. *J. Agric. Sci.* 99, S. 591–610.
56. PALME, H., 1999: Presentation of the Austrian MAB-Project “Changing Agriculture and Landscape. S. 1–2. In: BAL Gumpenstein (Hrsg.): *EUROMAB-Symposium- Programm und Kurzfassung der Vorträge.*
57. PEYRAUD, J. L.; ASTIGARRAGA, L., 1998: Review of the effect of nitrogen fertilization on the chemical composition, intake, digestion and nutritive value of fresh herbage: Consequences on animal nutrition and N balance. *Animal Feed Sci. Technol.* 72, S. 235–259.
58. RHODES, I.; WEBB, J., 1993: Improvement of white clover. *Outlook Agric.* 22, S. 189–194.
59. SANDERSON, M. A.; SODER, K. J.; MULLER, L. D.; KLEMENT, K. D.; SKINNER, R. H.; GOSLEE, S. C., 2005: Forage mixture productivity and botanical composition in pasture grazed by dairy cattle. *Agron. J.* 97, S. 1465–1471.
60. SAS Institute, 1995: *SAS User’s Guide 6.11.* Cary, NC, USA: SAS Institute Ltd.
61. SCHELLBERG, J.; SCHOCKEMÖHLE, F. J., 2000: Optimizing milk production on dairy farms primarily based on permanent grassland. *Grassl. Sci. Europe* 5, S. 302–305.

62. SCHRÖDER, J. J.; SCHOLEFIELD, D.; CABRAL, F.; HOFMAN, G., 2004: The effects of nutrient losses from agriculture on ground and surface water quality: the position of science in developing indicators for regulation. *Environ. Sci. Policy* 7, S. 15–23.
63. SCHULZE, J., 2004: How are nitrogen fixation rates regulated in legumes? *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 167, S. 125–137.
64. SCHWARZ, F., 1999: Kann die Qualität des Grundfutters der Leistungssteigerung in der Milchviehhaltung folgen? S. 29–41. Vorträge der DLG-Grünlandtagung vom 29. Juni 1999 Betzigau/Allgäu.
65. SLEUGH, B.; MOORE, K. J.; GEORGE, J. R.; BRUMMER, E. C., 2000: Binary legume-grass mixtures improve forage yield, quality, and seasonal distribution. *Agron. J.* 92, S. 24–29.
66. SMIT, H., 2005: Perennial ryegrass for dairy cows: Effects of cultivar on herbage intake during grazing. Ph. D. Thesis, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands.
67. SØEGAARD K.; ERIKSEN J.; SILLEBAK KRISTENSEN, I., 2002: Grassland cultivation in Denmark. In: J. G. CONIN; G. L. VELTHOF und F. TAUBE (eds.): Grassland re-sowing and grass-arable crop rotations. International workshop on agricultural and environmental issues, Wageningen, The Netherlands, S. 18–19 April, 2002. Plant Research International B. V., Wageningen, Report 47.
68. STROTHOFF, J., 2003: Heterogenität der Grasnarbe bei selektiver Beweidung von extensiviertem Niedermoorgrünland. Diss. Univ. Göttingen.
69. SÜDEKUM, K.-H.; TAUBE, F.; WÖRNER, M.; PABST, K., 1994: Slot-seeding of white clover into a perennial pasture: Impact on nutritive value estimated in vivo and in vitro. *Wirtschaftseig. Futter* 40, S. 129–141.
70. TAMINNGA, S.; SÜDEKUM, K.-H., 2000: Optimize feeding value of forage protein. In: K. SØEGAARD; C. OHLSSON; J. SEHESTED; N. J. HUTCHINS und T. KRISTENSEN (eds.): Grassland Farming. Balancing Environmental and Economic Demands. *Grassl. Sci. Europe* 5, S. 143–156.
71. TAUBE, F.; WACHENDORF, M.; KORNER, A., 1995: Leistungsfähigkeit weißkleebasierter Produktionssysteme auf dem Dauergrünland Norddeutschlands. *Wirtschaftseig. Futter* 41, S. 28–42.
72. THOMSEN, J., 2007: Grundfutterproduktion zu Vollkosten – Auswertungen der Spezialberatung weisen große Unterschiede auf. *Bauernblatt* 13. Ausgabe, S. 33–36.
73. TILMAN, G. D.; DUVICK, D. N.; BRUSH, S. B.; COOK, R. J.; DAILY, G. C.; HEAL, G. M.; NAEEM, S.; NOTTER, D. R., 1999: Benefits of biodiversity. Task force report 133. Council for Agricultural Science and Technology, Ames, IA.
74. T'MANNETJE, L.; JONES, R. M., 2000: Field and laboratory methods for grassland and animal production research. CABI Publishing, Wallingford, New York.
75. TROTT, H., 2003: Mittelfristige Auswirkungen einer variierten Bewirtschaftungsform und N-Intensität auf Leistungsparameter und die Stickstoffbilanz von Dauergrünland. Diss. Univ. Kiel. Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 28.
76. –, WACHENDORF, M.; INGWERSEN, B.; TAUBE, F., 2004: Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. I. Impact of defoliation system and nitrogen input on performance and N balance of grassland. *Grass Forage Sci.* 59, S. 41–55.
77. TROXLER, J.; THOMET, P., 1988: Untersuchungen zur Ertragsleistung von kräuterreichen Wiesen. *Schweiz. Landwirtschaftl. Forschung* 27, S. 167–180.
78. VAN DER WERF, H. M. G.; PETIT, J., 2002: Evaluation of the environmental impact of agriculture at the farm level: A comparison and analysis of 12 indicator-based methods. *Agric., Ecosys. Environ.* 93, S. 131–145.
79. VDLUFA -Verband deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (Hrsg.), 1997: „Phosphordüngung nach Bodenuntersuchung und Pflanzenbedarf“. Darmstadt, Sept. 1997. VDLUFA Verlag.
80. –, (Hrsg.), 2000: „Bestimmung des Kalkbedarfs von Acker- und Grünlandböden“. Darmstadt, Sept. 2000. VDLUFA Verlag.
81. VOIGTLÄNDER, G.; VOSS, N., 1979: Methoden der Grünlanduntersuchung und -bewertung. Eugen Ulmer, Stuttgart.
82. –, JACOB, H., 1987: Grünlandwirtschaft und Futterbau. Eugen Ulmer, Stuttgart.
83. WACHENDORF, M.; TAUBE, F., 2001: Artenvielfalt und Leistungsmerkmale des Dauergrünlands im konventionellen und ökologischen Landbau in Nordwestdeutschland. *Pflanzenbauwiss.* 2, S. 75–87.
84. –, 2002: Umwelt- und Managementeffekte auf Leistungsparameter und die Überwinterung von Weißklee/Gras-Gemengen. *Habil. Schrift. Univ. Kiel*.
85. –, BÜCHTER, M.; TROTT, H.; TAUBE, F., 2004: Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. II. Impact of defoliation system and nitrogen input on Nitrate leaching losses. *Grass Forage Sci.*, 59, S. 56–68.
86. WERMKE, M., 1974: Einfluss der Jahreszeit auf die stoffliche Zusammensetzung und die Verdaulichkeit von Futterpflanzen. *Wirtschaftseig. Futter* 20, S. 10–21.
87. WILMAN, D.; RILEY, J. A., 1993: Potential nutritive value of a wide range of grassland species. *J. Agric. Sci.* 120, S. 43–49.

## Danksagung

Wir bedanken uns bei Herrn G. LANGE der Landwirtschaftskammer Hannover und Dr. E. PÖTSCH und Dr. K. BUCHGRABER der BAL Gumpenstein für die Bereitstellung der Datensätze zur Validierung. Die vorliegende Arbeit wurde mit finanzieller Unterstützung durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) im Rahmen des Stipendenschwerpunktes „Indikatoren für eine nachhaltige Landnutzung“ ermöglicht.

*Autorenanschrift:* Dr. KATHARINA TREYSE; Dr. MICHAEL KELM; Dr. HELA MEHRTENS; Prof. Dr. FRIEDHELM TAUBE, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Olshausenstr. 40, 24098 Kiel, Deutschland  
ftaube@email.uni-kiel.de

## Anhang

Tabelle 4. Zusammenstellung der Funktionsgleichungen der Bewertungsfunktionen

Parameter	Funktionsgleichungen der Bewertungsfunktionen
<b>Futterwertzahl</b>	$0$ für $x \leq 5$ $1/2 * (x-5)$ für $5 < x < 7$ $1$ für $x \geq 7$
<b>%-Anteil Leguminosen</b>	$1/20 * x$ für $0 < x \leq 20$ $1$ für $20 < x \leq 35$ $-1/15 * (x-35) + 1$ für $35 < x > 50$ $0$ für $x \geq 50$
<b>%-Anteil obligate Unkräuter</b>	$-1/10 * x + 1$ für $1 > x > 10$ $0$ für $x \geq 10$
<b>%-Anteil fakultative Unkräuter</b>	$1$ für $0 < x \leq 20$ $-1/10 * (x-20) + 1$ für $20 > x > 30$ $0$ für $x \geq 30$
<b>%-Anteil Lücken</b>	$-1/10 * x + 1$ für $0 < x < 20$ $0$ für $x \geq 20$
<b>Brutto-Trockenmasse-Ertrag</b> (dt ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )	$0$ für $0 < x < 70$ $1/56 * (x-70)$ für $70 < x < 126$ $1$ für $x \geq 126$
<b>1. Aufwuchs</b> (dt ha <sup>-1</sup> )	$0$ für $0 \leq 35$ $1/5 (x-35)$ für $35 < x \leq 40$ $1$ für $x \geq 40$
<b>Rohproteingehalt (%)</b>	$0$ für $0 < x \leq 8$ $1/6 * (x-8)$ für $8 < x \leq 14$ $1$ für $14 < x \leq 18$ $-1/4 * (x-18) + 1$ für $18 < x < 22$ $0$ für $x \geq 22$
<b>NEL-Gehalt (MJ NEL kg<sup>-1</sup> TM)</b>	$0$ für $x \leq 5$ $1 * (x-5)$ für $5 < x < 6$ $1$ für $x \geq 6$
<b>1. Aufwuchs</b>	$0$ für $x \leq 5.4$ $1 * (x-5.4)$ für $5.4 < x < 6.4$ $1$ für $x \geq 6.4$

# Vertikale Kooperationen in der Agrar- und Ernährungswirtschaft – Herausforderungen für das Management

Von JON H. HANF, Halle (Saale) und KIRSTI DAUTZENBERG, Potsdam

## 1 Einführung

Heute, sieben Jahre nach dem die BSE- und MKS-Krisen Deutschland bzw. ganz Europa erschüttert haben, sollte man vermuten, dass unternehmensübergreifende Qualitätssicherungskonzepte die Agrar- und Ernährungswirtschaft dominieren. Zwar steht die Etablierung von Qualitätssicherung (QS) für den Aufbruch in eine prozessorientierte Agrar- und Ernährungswirtschaft, dennoch zeigt sich, wie durch den „Gammelfleischskandal“ des letzten Jahres deutlich wurde, dass die Branche eher am Anfang als am Ende der Wandlung von einzelbetrieblich abgeschotteten Einheiten zu informationsdurchlässigen, stufenübergreifenden Systemen steht. Die EU-Verordnung 178/2002 sowie das neue Verbraucherschutzgesetz greifen den Gedanken einer umfangreichen Informationsbereitstellung innerhalb der gesamten Wertschöpfungskette auf. Neben diesen eher sektoralen Wirkungskräften gibt es einzelbetriebliche Anreize, überbetriebliche vertikale Kooperationen auszubauen. Insbesondere auf das seit Beginn der 1990er-Jahre in die Unternehmenspraxis eingeführte Konzept des Supply Chain Management sei hier verwiesen.

Ziel des Artikels ist es nicht, ein Plädoyer für eine engere Kooperation der Unternehmen der Agrar- und Ernährungswirtschaft zu halten. In diesem Sinne verfolgt der Artikel keinen Vergleich zwischen dem Austausch über den Markt und dem innerhalb von vertikalen Kooperationen. Dahingegen soll ein reales Phänomen thematisiert und beschrieben sowie Anregungen für das Management dieser vertikalen Kooperationen gegeben werden. Ziel des Artikels ist es somit, einerseits die Anfänge des Wandels der Agrar- und Ernährungswirtschaft zu einer vertikal kooperativ interagierenden Branche darzustellen und andererseits den Aufbau und die Besonderheiten der aus dieser Entwicklung entstandenen strategischen Netzwerke näher zu untersuchen. Des Weiteren wird ein Managementansatz für diese spezielle Form der Prozessorganisation erarbeitet. Entsprechend dieser Zielsetzung erfolgt im zweiten Kapitel die Analyse der Vertikalisierungstendenzen innerhalb der Branche. Kapitel 3 behandelt Netzwerke im Allgemeinen sowie strategische Netzwerke im Speziellen. Bestehende Kettenorganisationen und bestehende überbetriebliche Managementsysteme werden in Kapitel 4 besprochen und ein Konzept für ein Netzwerkmanagement strategischer Netzwerke erarbeitet. Im abschließenden fünften Kapitel wird neben einer zusammenfassenden Betrachtung ein kurzer Ausblick auf weitere Forschungsfelder gegeben.

## 2 Die „Vertikalisierung“ der Agrar- und Ernährungswirtschaft

### 2.1 Der Wandel des Sektors

Die Unternehmen des Sektors der Agrar- und Ernährungswirtschaft sind einerseits von einer starken Heterogenität bezüglich der Betriebsstrukturen und der Unternehmensgröße gekennzeichnet. Der Lebensmittelhandel war und ist von einer enormen Unternehmens-

konzentration geprägt. So beziehen die 10 größten Konzerne des Lebensmittelhandels in Deutschland (u. a. Edeka, AVA, Rewe, Aldi, Schwarz, Metro) mehr als 80 % des Umsatzes auf sich. Aufgrund der dominanten Marktposition des Handels können Kostensteigerungen in Unternehmen der Ernährungsindustrie kaum auf die Verkaufspreise abgewälzt werden. Die Folge war auch hier ein deutlicher Konzentrationsprozess mit einer beträchtlichen Anzahl an Unternehmensfusionen und Übernahmen. Trotz dieser Entwicklung ist die Konzentration der Unternehmen in der Ernährungsindustrie im Vergleich zum Lebensmitteleinzelhandel verhältnismäßig gering und es herrscht nach wie vor eine mittelständische Unternehmensstruktur vor (die 10 größten Unternehmen vereinigen nur 12 % des Branchenumsatzes auf sich). Die Stufe der Rohstoffherzeugung ist gekennzeichnet durch familiengeführte Kleinbetriebe in Voll- oder Nebenerwerb. Die agrarische Zulieferindustrie ist konzentriert und größtenteils von mittelständischen Unternehmen erschlossen. Betrachtet man nur die Stufen der landwirtschaftlichen Erzeugung, des Ernährungshandwerks und der -industrie sowie des Handels, ergibt sich ein kumulierter Umsatz von ca. 460 Mrd. € und ca. 2,44 Mio. Beschäftigten (28). Ihnen gemein ist andererseits, dass auf allen Stufen der Agrar- und Ernährungswirtschaft saturierte Märkte vorherrschend sind. Um erfolgreich zu agieren, kann daher eine Kundenorientierung als „wettbewerbliches Muss“ auf allen Stufen der Wertschöpfungskette angesehen werden. Die notwendige Ausrichtung auf die Kundenbedürfnisse, die sich in Richtung mehr Transparenz, Rückverfolgbarkeit und Nahrungsmittelsicherheit entwickeln, kann als ein Auslöser gesehen werden, stufenübergreifende Unternehmenskooperationen zu etablieren. Ein weiterer Initiator für die Vertikalisierung liegt in einer zunehmenden Risikoabsicherung der landwirtschaftlichen Unternehmen durch eine Endkundenorientierung (14). Der auch angesichts der WTO Verhandlungen immer zwingender erscheinende Abbau der Subventionen für die EU-Landwirtschaft und des zuletzt hohen Reformtempos der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU macht es für die landwirtschaftlichen Unternehmen notwendig, Preisrisiken abzumildern. Des Weiteren erscheint es immer notwendiger, vorhandene Effizienzpotenziale aufzudecken und zu nutzen sowie neue Handlungsoptionen zu erkennen und zu eröffnen, um die mit einem Subventionsabbau verbundenen Einbußen zu kompensieren. Ein weiterer wichtiger politikinduzierter Einflussfaktor ist die EU-Verordnung 178/2002, welche zum 01.01.2006 EU-weit implementiert wurde. Diese thematisiert die Notwendigkeit der Rückverfolgung von Lebensmitteln und deren Inhaltsstoffen entlang der gesamten Wertschöpfungskette, sodass die Unternehmen gezwungen werden, entsprechende Informationen der jeweils nachgelagerten Stufe zur Verfügung zu stellen. Mit Blick auf die Kundenorientierung müssen auch die Konsequenzen der Lebensmittelkrisen und -skandale der vergangenen Jahre beachtet werden. Diese haben dazu geführt, dass Lebensmittel nicht mehr „nur“ als Kontroll- und Erfahrungsgut wahrgenommen, sondern heute als ein komplexes Bündel von Kontroll-, Erfahrungs- und Vertrauenscharakteristiken verstanden werden (8). In diesem Kontext muss darauf hingewiesen werden, dass die Zuordnung oder die Bezeichnung eines Gutes aus den primär wahrgenommenen Eigenschaften resultiert (15). Somit kann ein Gut von unterschiedlichen Akteuren unterschiedlich eingeordnet werden. Verlangen Konsumenten Eigenschaften, die sich auf die gesamte Wertschöpfungskette beziehen, so müssen kundenorientierte Unternehmen Produkte anbieten, die diese Eigenschaften besitzen. Zu den Beispielen für Vertrauens- und Erfahrungseigenschaften, welche eine Vertikalisierung fördern, zählen ökologisch produzierte Nahrungsmittel, Tierschutz, Regionalität und Transparenz. Die Verunsicherung bezüglich der Lebensmittelsicherheit und -qualität der Verbraucher hat zunehmend dazu geführt, dass Qualität in der Agrar- und Ernährungswirtschaft nicht mehr singular in der Produktion der einzelnen Unternehmen, sondern in unternehmensübergreifenden Prozessen erbracht werden muss. Als eine direkte Folge kann die Implementierung der eingangs erwähnten EU-Richtlinie 178/2002 über Rückverfolgbarkeit als Bestandteil der Lebensmittelqualität angesehen werden. Im Ergebnis



lässt sich feststellen, dass als Konsequenz der Kundenorientierung und der unternehmensübergreifenden Qualität alle unternehmensinternen und -externen Prozesse aufeinander abgestimmt werden müssen, um dem Kunden einen höchst möglichen oder vielmehr von ihm erwarteten Nutzen anzubieten. Dieses bedingt, dass ein erheblicher vertikaler Koordinierungsbedarf zwischen den Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette entsteht.

Darüber hinaus trägt die hohe Wettbewerbsintensität des Sektors dazu bei, dass Unternehmen neben der Implementierung der Kundenorientierung ihre Kosten kontrollieren und steuern müssen. Dies führt dazu, dass insbesondere die Prozesskosten optimiert werden müssen, was zu einer internen, aber auch firmenübergreifenden Prozessorientierung beiträgt. Hierzu kann eine Vielzahl von Maßnahmen getroffen werden, die sich in den Managementansätzen des Supply Chain Management (SCM) widerspiegeln. Diesen Maßnahmen und Konzepten ist gemeinsam, dass sie unternehmensübergreifend konzipiert sind. Ebenfalls ist dies sowohl für die reinen Qualitätskonzepte (QM, HACCP) als auch für die Branchenstandards, wie beispielsweise ISO 9000 ff., QS und IFS, zutreffend. Attraktiver werden diese unternehmensübergreifenden Ansätze durch Entwicklungen, die die Transaktionskosten senken oder Transaktionen überprüfbar machen, beispielsweise RFID-Tags (6). In diesem Zusammenhang kommt der stetigen Weiterentwicklung der Informationstechnik (beispielsweise Internet, B2B-Plattformen und E-Commerce) eine herausragende Bedeutung zu (36).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass dem Wandel der Agrar- und Ernährungswirtschaft hinsichtlich der Unternehmensorganisation eine Vielzahl an Einflussfaktoren zugrunde liegt. Hierbei sind jedoch die zentrale Rolle der Endverbraucherorientierung und deren Interdependenz mit Vertrauenseigenschaften von Lebensmitteln hervorzuheben. Diese wurde sowohl von Seiten der Unternehmen als auch der politischen Akteure angetrieben. Darüber hinaus kann das Streben nach Effizienzvorteilen durch überbetriebliche Prozessorganisation als ein wesentlicher Katalysator für den Wandel der Branche angesehen werden.

## 2.2 Vertikalisierung

Der skizzierte Wandel zeigt auf, dass heute in der Agrar- und Ernährungswirtschaft der Austausch von Waren zwischen mehreren Parteien nicht nur über den Markt geregelt, sondern zwischenbetrieblich koordiniert wird. Diese vertikal koordinierten Systeme hat die Beratungsfirma KPMG (29) im Kontext des Textilsektors als Vertikalisierung bezeichnet. Während KPMG Koordinierung in dem Sinne versteht, dass vertikal integrierte Konzerne entstehen, soll diese Sichtweise in der Art erweitert werden, dass Vertikalisierung schon da ansetzt, wo mehrere Unternehmen stufenübergreifend kooperieren. Es ist zu betonen, dass ein Charakteristikum dieser vertikal koordinierten Systeme darin besteht, dass sie eine Mehrzahl an Stufen der gesamten Wertschöpfungskette umfasst, wobei die Länge, die Form und die Intensität der Kooperation oder Integration der Kettensysteme differiert. Somit bilden vertikale Kooperationen zwischen nur zwei Stufen eine Teilmenge. Sie müssen jedoch in deren Methoden und Mechanismen an die wesentlich komplexeren Anforderungen einer mehrstufigen Prozessorganisation angepasst werden. Ziele dieser vertikal koordinierten Systeme sind u. a. die

- Positionierung einzelner Qualitätsprogramme im Wettbewerb durch Markenbildung mit Hilfe von Qualitätssignalen,
- Schaffung von Transparenz der Produktions- und Verarbeitungsprozesse sowie
- Sicherung und Verbesserung der Qualität der erzeugten Produkte (27).

Diese Zielsetzung verlangt eine straffe Organisationsstruktur der Systeme. Mögliche Organisationsformen bieten sowohl hybride Unternehmensformen als auch die vertikale Integration. Beide Formen finden sich in der Agrar- und Ernährungswirtschaft – ein Bei-

spiel für eine hybride Unternehmensorganisation ist die Prozesskette um die Erzeugergemeinschaft Osnabrück (EGO) und für eine vertikale Integration die Prozesskette der Firma Wiesenhof – wieder. Während bei der EGO die einzelnen Glieder der Schweinevermarktungskette selbständige Unternehmer darstellen, die den vertikalen Produkt- und Informationsaustausch kooperativ regeln, sind bei Wiesenhof die einzelnen Stufen von der Zucht über die Futtermühle bis hin zur Vermarktung des Geflügels in einem Unternehmen zusammengefasst. Welche Koordinierungsform überlegen ist, ist generell nicht zu beantworten. Eine ausführliche Diskussion dieser Thematik erfolgt u. a. bei COZZARIN und BARRY (13), PETERSON et al. (39), SPRIGGS et al. (44), WHIPPLE und FRANKEL (50). Aufgrund der großen Bedeutung vertikaler Kooperationen werden wir uns in den folgenden Ausführungen ausschließlich auf diese beziehen.

### 3 Strategische Netzwerke in der Agrar- und Ernährungswirtschaft

#### 3.1 Kooperationen

Die Ausgestaltung der Kooperationsformen in der Agrar- und Ernährungswirtschaft ist äußerst vielfältig. Horizontale Kooperationen bestehen zwischen Betrieben derselben Produktions- oder Marktstufe, die eine weit verbreitete Form der Interaktion im Agrar- und Ernährungssektor darstellen. Während traditionell die Form der Genossenschaft am gebräuchlichsten ist, wird diese heute von strategischen Allianzen, Franchising und Joint Venture als horizontale Kooperationsformen<sup>1)</sup> ergänzt. Bei vertikalen Kooperationen arbeiten Betriebe unterschiedlicher Produktionsstufen zusammen, sodass die der Wertschöpfungskette inhärenten Prozesse, beispielsweise die Informations- und Produktflüsse, firmenübergreifend aufeinander abgestimmt werden müssen.

Allgemein verstehen wir unter Kooperation eine Form der freiwilligen, zwischenbetrieblichen Zusammenarbeit von mindestens zwei Unternehmen unter Wahrung wirtschaftlicher und rechtlicher Selbstständigkeit. Generiert sich das Kooperationsmotiv aus einem Machtstreben heraus d. h., ist die Intension der Kooperation die Erzielung einer größeren Wettbewerbsmacht, um Nicht-Kooperationsmitgliedern Wettbewerbsnachteile zuzufügen, dann ist die Kooperation grundsätzlich nach dem Kartellgesetz verboten. Ausgenommen sind hiervon nach dem Marktstrukturgesetz landwirtschaftliche Erzeugergemeinschaften. Im Gegensatz zu den machtorientierten Kooperationen sind effizienzorientierte Kooperationen grundsätzlich erlaubt (16). Das Ziel einer solchen Kooperation ist es, die wirtschaftliche Effizienz der teilnehmenden Unternehmen zu steigern. In den nachfolgenden Ausführungen beschäftigen wir uns ausschließlich mit effizienzorientierten Kooperationsformen. Eine Vielzahl an Arbeiten sowohl im Allgemeinen (32; 41; 52) als auch im Kontext der Agrar- und Ernährungswirtschaft (19; 25; 37; 53) zeigen auf, dass Kooperationen immer dann vorteilhaft sind, wenn spezifische Investitionen getätigt werden sollen und/oder Unsicherheiten bezüglich der Eigenschaften und der Bezugsmöglichkeiten (beispielsweise Ernteschwankungen) bestehen. Gegenüber einer Unternehmensintegration sind Kooperationen dann vorteilhaft, wenn eine höhere Flexibilität und Anpassungsfähigkeit auf (Umwelt-) Änderungen notwendig erscheint. Steht bei den kostenbezogenen Vorteilen die Möglichkeit zur Reduktion der Kosten durch beispielsweise Senkung der Transaktionskosten sowie der Prozess- und Kapitalkosten im Vordergrund (2), so sind die Potenziale einer Kooperation in der Steigerung des Qualitätsniveaus, der Verbesserung der Transparenz und Rückverfolgbarkeit, der Erschließung neuer Märkte sowie der Reduktion von Informationsasymmetrien zu sehen. Diese Vorteile sind insbesondere aufgrund der Vertrauenseigenschaften von Lebensmitteln für Unternehmen der Agrar- und Ernährungswirtschaft von großer Bedeutung. Ein weiterer Vorteil ist die klassische Möglichkeit

der Risikoreduzierung durch Risikostreuung infolge von Investitionsaufteilung (33). Ergebnisvorteile sind generierbar, indem Verkaufs- und Ertragssteigerungen erzielt werden (2). Werden die Vorteile zusammengefasst, ergeben sich neben pekuniären Anreizen auch immaterielle Anreize wie Informationsgewinne und Vertrauen, die ebenfalls essenziell für den Erfolg einer Kooperation sind (48). Jedoch muss sich bei Kooperation eine Win-Win-Situation einstellen, um den nachhaltigen Fortbestand nicht zu gefährden. Das bedeutet folglich nicht, dass ein jeder Kooperationspartner im selben Umfang profitieren muss. Auch das Verbleiben im Markt kann für einzelne Akteure, die sonst aus dem Markt ausscheiden würden, als Erfolg angesehen werden.

Neben den genannten Vorteilen bei Unternehmenskooperation ergeben sich auch Nachteile. Als Hauptbestandteil der Kostennachteile können die Koordinationskosten zwischen den Partnern angesehen werden. Die Koordination bedingt u. a., dass leistungsstarke Informations- und Kommunikationssysteme implementiert und aufeinander abgestimmt werden. Für viele kleine und mittelständische Unternehmen (KMU), die die Majorität der Unternehmen der Agrar- und Ernährungswirtschaft in Deutschland ausmachen, kann das als einer der wichtigsten Gründe angesehen werden, sich nicht in die Supply Chain Management-Anstrengungen der Handels- und Herstellerkonzerne einzubringen. Daneben können Abhängigkeiten, wie beispielsweise die Aufgabe der Eigenständigkeit bei Entscheidungen sowie die teilweise Offenlegung von Betriebsinformationen und des internen Rechnungswesens (Politik der offenen Bücher) als Nachteile angesehen werden. Im Vergleich der kooperativen Situation zum Spotmarkt muss eine Flexibilitätseinbuße hingenommen – im Vergleich zur Integrationsituation ein Flexibilitätsgewinn erzielt werden. Risiken in Kooperationen können durch opportunistisches Verhalten entstehen, wobei primäre Quellen in Informationsasymmetrien und voneinander abweichenden Zielen der Akteure zu sehen sind (2). Ein weiterer Nachteil der Kooperation kann sich aus der Verteilung von Gewinnen und Verlusten ergeben. Wie bereits ausgeführt, müssen diese nicht paritätisch verteilt werden. Die Gewinnverteilung resultiert vielmehr aus den vorherrschenden Machtverhältnissen. Ergibt sich eine Situation, in der eine Ungleichbehandlung aus Sicht eines Partners als nicht gerechtfertigt angesehen wird, erhöht sich die Gefahr der Entstehung von Opportunismus.

### 3.2 Strategische Netzwerke

Die im Zuge der Vertikalisierung zunehmend entstehenden vertikalen Kooperationen über mehrere Stufen der Wertschöpfungskette werden auch als Netzwerke bezeichnet. BURR (11) typologisiert Netzwerke, indem er die Typologie von der Intensität der Beziehung, vom Koordinationsmechanismus und von der Existenz eines fokalen Unternehmens ableitet. Für Netzwerke in der Agrar- und Ernährungswirtschaft<sup>2)</sup> ist charakteristisch, dass diese aus einer sehr großen Anzahl von Akteuren bestehen und sich darüber hinaus hinsichtlich ihrer Unternehmensgrößen stark unterscheiden. Die für die Agrar- und Ernährungswirtschaft typischen kleinen und mittleren Unternehmen verfügen darüber hinaus weder über eine hoch entwickelte IT-Infrastruktur noch über eine ausreichende Menge an Handelswaren. Ein weiteres spezifisches Merkmal innerhalb dieses Sektors ist die starke Schwankung hinsichtlich der Qualität und Menge der landwirtschaftlichen Rohprodukte aufgrund von beispielsweise Witterungseinflüssen. Die genannten Spezifika lassen zusehends vertikale Unternehmenskooperationen mit einem hohem Intensitäts- und Komplexitätsgrad entstehen, die als strategische Netzwerke organisiert werden. Der auf JARILLO (26) zurückgehende Begriff des strategischen Netzwerkes ist charakterisiert durch komplex-reziproke, eher kooperative denn kompetitive und relativ stabile Beziehungen zwischen rechtlich selbstständigen, wirtschaftlich jedoch zumeist abhängigen Unternehmen (45). Weiter führt SYDOW (45) dazu aus, dass der Ursprung der Bildung eines strategischen Netz-

werkes darin begründet liegt, die Aufgaben im Netzwerk hinsichtlich ihrer bestmöglichen Erfüllung zu verteilen und in diesem Zusammenhang die gesamte Wertschöpfungskette durch Restrukturierung zu optimieren. Typischerweise erfolgt eine solche, die Unternehmensgrenzen aufweichende Koordination, durch ein Strategie führendes fokales Unternehmen (11). An das fokale Unternehmen werden bei der Ausgestaltung und Planung der Koordinationsmechanismen, Prozesse und Funktionen des Netzwerkes besondere Anforderungen gestellt. Das fokale Unternehmen ist für die Erstellung und Gestaltung der (Marktbearbeitungs-) Strategie sowie für die Ausgestaltung der unternehmensübergreifenden Beziehungen verantwortlich (51). In einem derartig strukturierten pyramidal-hierarchischen Netzwerk, das generell durch langjährige explizite oder implizite Verträge koordiniert ist, ergibt sich eine Abhängigkeit der Zulieferer von dem machtausübenden fokalen Unternehmen. Aufgrund der Produktionsstruktur der hiesigen Landwirtschaftsbetriebe müssen die landwirtschaftlichen Produkte, um die gesamte Menge der benötigten Zulieferungen abzudecken, oftmals von einer Mehrzahl von Landwirten geliefert werden. Häufig übernehmen Genossenschaften oder Erzeugergemeinschaften die Bündelung und Aufarbeitung der landwirtschaftlichen Rohwaren. Somit wird im Sinne des ressourcenorientierten Ansatzes sichergestellt, dass sich die einzelnen Unternehmen auf ihre Kernkompetenzen konzentrieren und infolgedessen ihre jeweiligen Stärken in das strategische Netzwerk einbringen können. Ist ein Landwirt oder ein anderes Unternehmen des SCN abhängig vom fokalen Unternehmen, so besitzt das abhängige Unternehmen im Sinne der Resource-Dependency-Theorie (40) dennoch eine eigene Machtposition (31). Da es sich bei Produkten der Agrar- und Ernährungswirtschaft – wie angesprochen – um ausgeprägte Vertrauensgüter handelt, steht das fokale Unternehmen aufgrund von Informationsasymmetrien in Abhängigkeit zu seinen Zulieferern. Weiterhin ist davon auszugehen, dass sich die fokalen Unternehmen auf den konsumnahen Stufen der Wertschöpfungskette<sup>3)</sup> befinden und somit die fokalen Unternehmen erhebliche Investitionen in ihren Reputationsaufbau, beispielsweise in Markennamen, getätigt haben (21). Dies ist umso wichtiger, wenn die Kunden ihre Kaufentscheidung davon abhängig machen, ob ihnen glaubhaft die Unbedenklichkeit der Produkte versichert werden kann. Somit ist die Reputation des fokalen Unternehmens von entscheidender Bedeutung, da diese für die stufenübergreifende Korrektheit aller Eigenschaften der Produkte bürgt. Folglich hat das fokale Unternehmen selbst eine hohe, möglicherweise die höchste Bereitschaft, sich als fairer und verlässlicher Geschäftspartner zu etablieren, welcher „hold up“-Situationen nicht ausnutzt und nicht aus opportunistischen Gründen heraus Verträge nachverhandelt.

## 4 Management von strategischen Netzwerken

### 4.1 Bestehende Prozessorganisationen und vertikale Managementansätze

Das Problem der Nahrungsmittelsicherheit und -qualität wurde zum einen als Antwort auf verschiedene Nahrungsmittelskandale in Deutschland und zum anderen aufgrund zunehmenden Druckes von Regulierungs- und Marktansprüchen der Kunden, der Öffentlichkeit und der Politik immer intensiver diskutiert. Infolgedessen gründeten die Beteiligten der Agrar- und Ernährungswirtschaft das QS-Siegel (Qualität und Sicherheit). Ziel des QS-Siegels ist es, durch das Sammeln und Bereitstellen möglichst vieler Informationen, eine transparente Produktion in der Nahrungsmittelkette zu schaffen. Das Ergebnis ist ein einfaches, geschlossenes System für Nahrungsmittelsicherheit vom Bauernhof bis zum Konsumenten inklusive Richtlinien, die Auflagen für z. B. Produktion, Qualitätsattribute, Tierschutz und Umweltstandards beinhalten. Im QS-Konzept stehen Informationen im Mittelpunkt und diese resultieren hauptsächlich aus bereits eingesetzten Konzepten

(z. B. Qualitätsmanagement), die Daten über Herkunft und Merkmale der Inhaltsstoffe der Produkte enthalten. Während somit das QS-Siegel die Etablierung eines branchenweiten (Mindest-) Standards anstrebt, haben Managementansätze, die Kettensysteme koordinieren, zum Ziel, individuelle Vorteile zu erwirken. Mit der Implementierung von Total-Quality-Management-Konzepten hat Ende der 1980er-Jahre die Prozessperspektive in das Qualitätsmanagement der Unternehmen der Agrar- und Ernährungswirtschaft Einzug gehalten. Jedoch stellt das TQM heute eher ein wettbewerbliches Muss und somit weniger einen Wettbewerbsvorteil in der Branche dar, da es sich im Laufe der Zeit vom einzelbetrieblichen Managementsystem zu einer Durchsetzung von standardisierten ISO-Zertifizierungen verändert hat.

Seitdem das kundenorientierte Supply Chain Management (SCM) in den 1990er-Jahren eingeführt wurde, wird es häufig als herausragender Wettbewerbsvorteil genannt (1). Neuere Formen des SCM sind die Konzepte „Efficient Consumer Response“ und „Collaborative Planning Forecasting and Replenishment“. Dem Konzept liegt eine unternehmensgrenzenübergreifende Managementkonzeption zugrunde, die Wertschöpfungsketten an den Kundenbedürfnissen ausrichtet. Hierbei sollen die Warenströme und die damit einhergehenden Informationsströme optimiert werden. Um dies zu erreichen, wird die Bildung von Kooperationen und das Einsetzen von Koordinationsmechanismen entlang der gesamten Wertschöpfungskette als notwendig erachtet (38). MÜLLER et al. (35) haben jedoch im Kontext einer Sammelrezession von Monographien zum Thema Supply Chain Management festgestellt, dass nur in wenigen Arbeiten alle Merkmale des SCM bearbeitet wurden, sodass eine klare Unterscheidung zu Logistikanalysen nicht erkennbar ist. Insbesondere die Perspektive der überbetrieblichen Zusammenarbeit wird nur in Ausnahmefällen behandelt. Des Weiteren konnte konstatiert werden, dass sich das Gros der Arbeiten primär mit Lösungsvorschlägen für praktische Problemstellungen beschäftigt. Darüber hinaus zeigt die praktische Umsetzung, dass SCM primär bei großen Händlern und Herstellern zum Einsatz kommt. Erst in den letzten Jahren sind Versuche unternommen worden, die Konzepte an die Anforderungen von KMU anzupassen, sodass auch die Mehrheit der deutschen agrar- und ernährungswirtschaftlichen Unternehmen eingebunden werden könnten.

## 4.2 Strategisches Ketten-Management

Die kritischen Anmerkungen bezüglich der bestehenden Prozessorganisationen und der bereits in der Praxis implementierten Managementkonzepte zeigen, dass noch erhebliche Potenziale im Netzwerkmanagement vorhanden sind. GULATI et al. (18) haben gezeigt, dass eine simultane Betrachtung der überbetrieblichen Koordinierung der Prozesse und der Kooperation an sich entscheidend zum Erfolg eines Netzwerkes beitragen. Somit muss ein strategisches Managementkonzept Problemstellungen beider Aspekte aufgreifen und Lösungsmechanismen bereitstellen. Koordinationsprobleme entstehen durch fehlendes Wissen über Entscheidungsregeln und Verhalten der anderen Akteure sowie über die Auswirkungen des eigenen Verhaltens auf die Aktionen der anderen Partner. Das bedeutet, dass Koordinationsprobleme durch kognitive Beschränkungen der einzelnen Akteure entstehen, die das Verständnis einschränken, wie sich die anderen Akteure verhalten werden. Hingegen entstehen Probleme in der Kooperation durch Interessenskonflikte, die durch Eigeninteresse oder opportunistisches Verhalten verursacht werden. Im Kern sind die Probleme der Kooperation auf Probleme der Motivation zurückzuführen, das heißt, dass die Motivation der einzelnen Akteure, die gemeinschaftlich beste Lösung anzustreben, nicht überwiegt, sondern vielmehr Eigeninteressen im Vordergrund stehen. Das berühmteste Beispiel dafür ist das aus der Spieltheorie bekannte „Gefangenendilemma“. Berücksichtigt man die beiden genannten Problembereiche, so bedeutet dies, dass das Management

innerhalb strategischer Netzwerke von Dilemmata und Paradoxien gekennzeichnet ist, die nicht aufzulösen sind, sondern praktisch gehandhabt und geschickt ausbalanciert werden müssen. Insoweit geht es sowohl in der Praxis als auch in der Theorie zwischenbetrieblicher Kooperation und Koordination nicht nur um die Frage, unter welchen Bedingungen die hybride Organisationsform dem alternativen Markt bzw. der Hierarchie vorzuziehen ist, sondern auch um die Frage, welche konkrete Form der Kooperation ökonomische Vorteile verspricht und wie diese genau ausgestaltet werden sollte. Lösungsansätze für die Koordinationsprobleme in strategischen Netzwerken zielen darauf ab, Unwissenheit und Unsicherheiten über das Verhalten der anderen zu reduzieren. Das kann durch das Aufstellen von gemeinsamen Arbeitsplänen, Verständigung über Strukturen und Abläufe, Konzeption gemeinsamer Hierarchien und Prozesse sowie durch die Verbesserung der Kommunikation und des Informationsaustausches erfolgen. Lösungsansätze für Kooperationsprobleme zielen vielmehr darauf ab, die unterschiedlichen Interessen der Akteure einander anzugleichen und eventuelle Interessenskonflikte aufzudecken. Dies ist durch die Schaffung formaler und informaler Organisations- und Führungsmechanismen zu erreichen. So kann die Schaffung von Leistungsanreizen, Sanktions- und Kontrollmechanismen sowie Belohnungen und Strafen opportunistisches Verhalten verhindern.

Diese komplexen Anforderungen der Koordination und Kooperation müssen im Zuge eines strategischen Managementkonzeptes in die übergeordnete kollektive Strategie des Supply Chain Netzwerkes eingebunden werden. Eine solche „kollektive Strategie“ kann derart definiert werden, dass sie eine systematische Vorgehensweise, die von mehreren Organisationen gemeinsam entwickelt und implementiert wurde, repräsentiert (3; 4; 10). HANF und DAUTZENBERG (22) argumentieren, dass diese übergeordnete Strategie in zwei strategische Maßnahmen aufgeteilt werden sollte. Hierbei werden die Koordinationsaspekte in der Supply Chain Management-Strategie und die Kooperationsaspekte in der Partnering-Strategie zusammengefasst.

Im Zuge der Koordinierungsstrategie werden aufbauend auf den Optimierungsbemühungen der Informations-, Kommunikations-, und Prozessströme des herkömmlichen Supply Chain Managements die wechselseitigen Beziehungen, die zwischen den Netzwerkakteuren bestehen, untersucht. Diese werden als sequenzielle, symbiotische und reziproke Interdependenzen bezeichnet (9; 30). Sequenzielle Abhängigkeiten entstehen bei direkten Austauschbeziehungen aufeinanderfolgender Stufen in Wertschöpfungsketten. Symbiotische Interdependenzen bedeuten, dass im Zuge von losen Dreiecksbeziehungen Akteure für sich allein stehende Beiträge bzw. voneinander unabhängige Beiträge leisten. Dies bedeutet, dass das gebende Unternehmen nicht auf eine direkte Gegenleistung des empfangenden Unternehmens hoffen darf. Hingegen erhält das gebende Unternehmen eine Leistung durch das bzw. die weiteren Unternehmen (5). Bei reziproken Abhängigkeiten stellt der Output eines Unternehmens den Input des anderen Unternehmens dar, wobei gleichzeitig dieselbe Beziehung auch in entgegengesetzter Richtung gilt. Diese Art von Interdependenz bedingt, dass die Akteure in einem hohen Maße von den Entscheidungen und Handlungen der anderen Unternehmen abhängig sind. LAZZARINI et al. (30) raten bei sequenziellen Austauschbeziehungen zur Koordination mit Hilfe der Aufstellung und Umsetzung von Plänen, da diese sowohl Steuerungs- und Führungselemente als auch Liefereinheiten und Routinen beinhalten. Bei zusammengeschlossenen Interdependenzen raten sie zum Etablieren von allgemeingültigen Prozessstandards. Reziproke Abhängigkeiten benötigen zu ihrer Koordination einen Austausch von Informationen durch einen gegenseitigen Feedback-Prozess (47). Mit diesen Maßnahmen soll das vorrangige Ziel der Koordinierungsstrategie, die Reduktion von Entscheidungsunsicherheiten bei Interaktionen der beteiligten Unternehmen, erreicht werden.

Im Zuge der Kooperationsstrategie werden Mechanismen benötigt, die Fragen behandeln wie und in welchem Umfang unternehmensinterne Leistungen dezentralisiert bzw.

ausgelagert werden sollten, wie sich die Grenzen der Unternehmung definieren lassen, wer welche (Verfügungs-) Rechte an den Produkten der Kooperation erhält, welche Problematik sich aus transaktionsspezifischen Investitionen ergibt, wie sich Informationsasymmetrien auswirken sowie welche Anreize zur Überwindung dieser Asymmetrien beitragen können. Für eine ausführliche Diskussion der Anwendung der Neuen Institutionsökonomie auf die genannten Fragestellungen verweisen die Autoren u. a. auf COOK (12), HENDRIKSE und BIJMAN (24) und ZYLBERSTAJYN (53). Durch diese Lösungsansätze wird das Motivationsproblem der Akteure, sich kooperativ zu verhalten, angegangen. Dieses Problem kann auch dadurch reduziert werden, in dem das Netzwerk selber als Quelle von einzigartigen, nicht ersetzbaren sowie nicht imitierbaren Ressourcen von den Akteuren verstanden wird (7; 17; 43). Die hieraus resultierenden Wettbewerbsvorteile können nur bei Weiterentwicklung dieser Ressourcen im Zeitablauf bestehen bleiben. Netzwerke unterstützen aufgrund ihrer Struktur die dynamischen Fähigkeiten (46) der Unternehmen eines Netzwerkes, sodass diese im Verbund ihre internen und externen Ressourcen und Kompetenzen bestmöglich integrieren, bilden und umgestalten können. Da strategische Netzwerke dynamisch und damit veränderbar sind, kann durch einen gezielten Austausch beteiligter Netzwerkunternehmen gewährleistet werden, dass sich das Netzwerk und somit seine Ressourcen kontinuierlich optimal an die Herausforderungen des Wettbewerbes und des Umfeldes anpassen. Demnach muss eine Kooperationsstrategie die Wahl der Partnerunternehmen beinhalten. Da jedoch die Beziehungen zwischen den einzelnen Partnern variieren, beinhaltet diese Strategie nicht nur die Wahl der Partner, sondern auch die Ausgestaltung der Beziehungen. In diesem Kontext verweisen wir auf das Kontinuum partnerschaftlicher Beziehungen, das von unabhängigen bis hin zu strategischen Beziehungen reicht (49), wobei von Beziehung erst dann gesprochen wird, wenn der Austauschmodus über den Preismechanismus hinausgeht (34).

Ein strategischer Netzwerkmanagementansatz muss entsprechend, abgeleitet aus der übergeordneten kollektiven Strategie, sowohl eine Koordinations- als auch eine Kooperationsstrategie beinhalten. Die Operationalisierung dieser Strategien wiederum ermöglicht es dem strategischen Netzwerk, gezielt die aus der Koordination und Kooperation resultierenden Probleme eines Netzwerkes zu beheben und in wettbewerbliche Chancen zu überführen.

## 5 Fazit und Ausblick

Die zu beobachtenden Veränderungen in der Unternehmensorganisation in der Agrar- und Ernährungswirtschaft führen von traditionellen Austauschbeziehungen über den Markt- bzw. Preismechanismus hin zu Wertschöpfungsstufen überspannende Kooperationen oder integrierten Unternehmenskonzepten. Dieser Wandel wurde im vorliegenden Beitrag als Vertikalisation bezeichnet. Wichtigster Einflussfaktor dieses Wandels ist das veränderte Qualitätsverständnis, resultierend aus der veränderten Wahrnehmung von Lebensmitteln als Produkte mit Vertrauensattributen. Die katalytische Rolle dieser Variablen wird gut sichtbar in den BSE- und MKS-Krisen des Winters 2000/01. Als Folge wurde eine stufenübergreifende Koordinationsnotwendigkeit offensichtlich. Ein weiterer wichtiger Einflussfaktor ist die Notwendigkeit der Bergung zusätzlicher Effizienzpotenziale, die durch überbetriebliche Kooperation zu erzielen ist. In der Agrar- und Ernährungswirtschaft können häufig Formen von vertikalen Kooperationen, die eine hierarchisch-pyramidale Struktur aufweisen sowie ein fokales Unternehmen besitzen, beobachtet werden. Diese wurden im Artikel auch als strategische Netzwerke oder Supply Chain Networks bezeichnet und als Untersuchungsgegenstand herausgehoben. Das fokale Unternehmen hat eine Führungsrolle inne, sodass es den anderen rechtlich selbständigen Unternehmen Wei-

sungen erteilen und diese durchsetzen kann. Da jedoch auch das Unternehmen selbst von seinen Netzwerkunternehmen abhängig ist, besteht die Notwendigkeit opportunistischem Verhalten vorzubeugen, sodass eine Win-Win-Situation für alle Beteiligten zwingend erscheint. Die Komplexität der Organisation strategischer Netzwerke zeigt auf, dass diese aktiv geordnet und gelenkt werden müssen.

Betrachtet man die in der Unternehmenspraxis bestehenden Kettenmanagementkonzepte, so ist zu konstatieren, dass sie im Falle des überbetrieblichen QS-Siegels bestehende Qualitätsstandards umsetzen oder aber häufig im Falle des Supply Chain Management operative Fragestellungen der Optimierung der Logistik bearbeiten. Ohne Frage sind diese Aspekte von sehr großer Bedeutung, dennoch sollte ein strategisches Netzwerkmanagement die strategische Dimension der Koordination und der Kooperation beinhalten. Entsprechend wurde herausgestellt, dass, abgeleitet aus der übergeordneten kollektiven Strategie eine Koordinations- und eine Kooperationsstrategie erarbeitet werden muss. Im Zuge der Koordination müssen spezielle Mechanismen eingeführt werden, die die verschiedenen Arten der Interdependenzen zwischen den rechtlich selbständigen Unternehmen berücksichtigen. Hierdurch kann die Problematik der Entscheidungs- und Verhaltensunsicherheit der Unternehmen abgebaut werden. Die Kooperationsstrategie beschäftigt sich primär damit, die Motivationsproblematik der Netzwerkunternehmen zu beheben. Hierbei ist das Konzept der partnerschaftlichen Beziehungen von großer Bedeutung.

Auch in der Zukunft ist es wahrscheinlich, dass sich der eingangs beschriebene Wandel des Sektor der Agrar- und Ernährungswirtschaft weiter fortsetzen wird, sodass der Wettbewerb einzelner Unternehmen derselben Wertschöpfungsstufe immer stärker von einem Wettbewerb vertikal kooperierender Prozessorganisationen substituiert wird. Folglich verliert der primäre Koordinationsmechanismus des Spotmarktes – der Preis – zunehmend an Relevanz und andere Anreize übernehmen die Koordinierungsfunktion.

Als zukünftige Forschungsinhalte sehen wir im Bereich des strategischen Managements insbesondere zwei vordringliche Aufgaben. Die Notwendigkeit, die dargelegten Überlegungen bezüglich des strategischen Kettenmanagement stärker zu formalisieren. Jedoch muss hierbei beachtet werden, dass eine solche Formalisierung nicht in der Art erfolgen sollte, dass ein „one size fits all“ entsteht. Des Weiteren sehen wir die Notwendigkeit, empirische Untersuchungen derart zu modifizieren, dass sie in der Lage sind, qualitative Fragestellungen, wie beispielsweise Vertrauen in Kooperationen, adäquat zu berücksichtigen.

## Zusammenfassung

In der jüngeren Vergangenheit konnte in der Praxis beobachtet werden, dass sich die Koordinationsmechanismen entlang der Wertschöpfungskette im Agrar- und Ernährungsgewerbe derartig verändert haben, dass der Austausch über Spotmärkte durch die Bildung von Kettensystemen sowohl ergänzt als auch substituiert wurde. Ziel dieses Artikels ist es, die daraus resultierenden Systeme zu untersuchen und die sich ergebenden Konsequenzen für das Agri-Food Business und speziell für das Management dieser Unternehmensorganisationen zu skizzieren.

*Schlüsselwörter:* Netzwerke, Strategisches Management, Unternehmenskooperationen, Vertikalisierung

## Summary

### *Vertical cooperation's in the agri-food business – management challenges*

In the recent years, it could be observed in practice that the coordination mechanisms along the value-added chain have changed in such way, that the exchange over spot markets have both been substituted and supplemented by the creation of chain systems. This article aims at investigating the resulting chain systems and at outlining the subsequent consequences for the agri-food business.

*Keywords:* Co-operations, Strategic Management, Networks, Verticalisation



## Résumé

### *Coopération verticale dans le secteur agroalimentaire – défis dans le domaine du management*

On a pu observer récemment dans la pratique que les mécanismes de coordination au sein de la filière agroalimentaire avaient changé. Les échanges sur les marchés spot ont été à la fois remplacés et complétés par la création de chain systems. Cet article se propose d'étudier ces systèmes et d'évoquer les principales conséquences pour le secteur agroalimentaire.

*Mots-clé:* coopérations, management stratégique, réseaux, verticalisation

## Literaturverzeichnis

1. Accenture, 2003: A Global Study of Supply Chain Leadership and Its Impact on Business Performance. Published Consulting Study.
2. Arbeitskreis „Das Unternehmen im Markt“ (1995): Vertikale Geschäftsbeziehungen zwischen Industrie und Handel. Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, Sonderheft 35, S. 179–204.
3. ASTLEY, W. G., 1984. Towards an Appreciation of Collective Strategy. *Academy of Management Review*, Vol. 9, S. 526–535.
4. –; FOMBRUN C. J., 1983. Collective Strategy: Social Ecology of Organizational Environments. *Academy of Management Review*, Vol. 8, S. 576–587.
5. –; ZAJAC, E. J., 1991: Intraorganizational power and organizational design: reconciling rational and coalitional models of organization. *Organization Science*, Vol. 2, S. 399–411.
6. AT Kearney, 2004: RFID; EPC: Managing the Transition (2004 – 2007). Published Consulting Study.
7. BARNEY, J.; HANSEN, M., 1994: Trustworthiness as a source of competitive advantage. *Strategic Management Journal*, Vol. 15, S. 175–190.
8. BÖCKER, A.; HANF, C.-H., 2000: Confidence lost and – partially – regained: consumer response to food scares, *Journal of Economic Behavior & Organization*, Vol. 43, S. 471–485.
9. BRESSER, R. K. F., 1989: Kollektive Unternehmensstrategien. *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, Vol. 59, S. 545–564.
10. –; HARL, J. E., 1986: Collective Strategy: Vice or Virtue? *Academy of Management Review*, Vol. 11, S. 408–427.
11. BURR, B., 1999: Koordination durch Regeln in selbstorganisierenden Unternehmensnetzwerken. *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, Vol. 69, S. 1159–1179.
12. COOK, M. L., 1995: The Future of U.S. Agricultural Cooperatives: A Neo-Institutional Approach. *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 77, S. 1153–1159.
13. COZZARIN, B. P.; BARRY, P. J., 1998: Organizational Structure in Agricultural Production Alliances. *International Food and Agribusiness Management Review*, Vol. 1, S. 149–165.
14. DAUTZENBERG, K., 2005: Erfolgsfaktoren von landwirtschaftlichen Unternehmen mit Marktfruchtanbau in Sachen-Anhalt – Eine empirische Analyse. Dissertation, Studies on the Agricultural and Food Sector in Central and Eastern Europe.
15. FLIESS, S., 2004: Qualitätsmanagement bei Vertrauensgütern. *Marketing ZFP 26* (Spezialausgabe), S. 33–44.
16. GREVE, R., 2002: Kooperation und Genossenschaft – Organisationsstrukturen in kooperativen Netzwerken. In Münkner, H.-H. (Hrsg.): *Nutzer-orientierte versus Investor-orientierte Unternehmen*. Marburger Schriften zum Genossenschaftswesen Band 97, S. 87–131.
17. GULATI, R.; NOHRIA, N.; ZAHEER, A., 2000: Strategic Networks. *Strategic Management Journal*, Vol. 21, S. 203–216.
18. –; LAWRENCE, P. R.; PURANAM, P., 2005: Adaptation in vertical relationships: Beyond incentive conflicts. *Strategic Management Journal*, Vol. 26, S. 415–440.
19. HANF, C.-H.; DRESCHER, K., 1994: Der Einfluß von Verbraucherverhalten, Produktqualität und technischem Fortschritt auf die vertikale Koordination im Nahrungsmittelsektor. *Agrarwirtschaft* Vol. 43, S. 423–430.
20. –; KÜHL, R., 2003: Marketing Orientation and its Consequence for the Food Chain. In: BAOURAKIS, Ed.G. (Hrsg.): *Marketing Trends for Organic Food in the Advent of the 21<sup>st</sup> Century*. World Scientific Publishing, S. 116–135.
21. –; –, 2005: Branding and its Consequence for the German Agribusiness. *Agribusiness: An International Journal*, Vol. 21, S. 177–189.
22. –; DAUTZENBERG, K., 2006: A theoretical framework of chain management, *Journal on Chain and Network Science*, Vol. 6, S. 79–94.
23. HENDRIKSE, G. W. J.; VEERMAN, C. P., 2001: Marketing Cooperatives and financial structure: a transaction costs economics analysis. *Agricultural Economics*, Vol. 26, S. 205–216.

24. –; BIJMAN, J., 2002: Ownership Structure in Agrifood Chains: The Marketing Cooperative. *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 84, S. 104–119.
25. –, 2003: Governance of chains and networks: a research agenda. *Journal on Chain and Network Science*, Vol. 3, S. 1–6.
26. JARILLO, J. C., 1988: On strategic networks. *Strategic Management Journal* Vol. 9, S. 31–41.
27. KARGERHUBER, M.; KÜHL, R., 2002: Unterschiede und Gemeinsamkeiten vertikaler Prozessorganisationen im Bereich der integrierten tierischen Produktion und Vermarktung, ein europäischer Vergleich erfolgreicher Konzepte, Schriftenreihe Rentenbank, Band 16.
28. KÜHL, R.; HANF, J. H., 2002: Genossenschaften – wirtschaftliche und organisatorische Herausforderungen. In Theurl; Nüssel (Hrsg.) *Genossenschaften und Landwirtschaft – Ein Sektor im Umbruch*. Münsterische Schriften zur Kooperation, Band 55, S. 7–31.
29. KPMG, 2000: Vertikalisierung im Handel. Published Consulting Study.
30. LAZZARINI, S.; CHADDAD, F.; COOK, M., 2001: Integrating Supply Chain and Network Analysis: The Study of Netchains. *Journal on Chain and Network Science*, Vol. 1, S. 7–22.
31. MEDCOF, J. W., 2001: Resource-based strategy and managerial power in networks of internationally dispersed technology units. *Strategic Management Journal*, Vol. 22, S. 999–1012.
32. MENARD, C.; KLEIN, P. G., 2004: Organizational Issues in the Agrifood Sector: Toward a Comparative Approach. *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 86, S. 750–755.
33. –, 2004: The Economics of Hybrids Organizations. *Journal of Institutional and Theoretical Economics* Vol. 160, S. 1–32.
34. MENTZER J. T.; MIN, S.; ZACHARIA, Z. G., 2000: The Nature of Inter-firm Partnering in Supply Chain Management. *Journal of Retailing*, Vol. 76, S. 549–568.
35. MÜLLER, M.; SEURING, S.; GOLDBACH, M., 2003: Supply Chain Management – Neues Konzept oder Modetrend. *Die Betriebswirtschaft* Vol. 63, S. 419–439.
36. MÜLLER, R. A. E., 2001: E-Commerce and Entrepreneurship in Agricultural Markets. *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 83, S. 1243–1249.
37. OMTA, A. W. F.; TRIENEKENS, J. H.; BEERS, G., 2001: Chain and network science: A research framework. *Journal on Chain and Network Science*, Vol. 1, S. 1–6.
38. OTTO, A.; KOTZAB, H., 2001: Der Beitrag des Supply Chain Management zum Management von Supply Chains – Überlegungen zu einer unpopulären Frage. *Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung*, Vol. 53, S. 157–176.
39. PETERSON, H. C.; WYSOCKI, A.; HARSH, S. B., 2001: Strategic choice along the vertical coordination continuum. *International Food and Agribusiness Management Review*, Vol. 4, S. 149–166.
40. PFEFFER, J.; SALANCIK, G. R., 1978: *The External Control of Organizations*. Harper & Row, New York.
41. PICOT, A.; REICHWALD, R., 1994: Auflösung der Unternehmung? *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, Vol. 64, S. 547–570.
42. RINGLE, G., 2004: Ist die Kooperationsform “Genossenschaft” noch wettbewerbsfähig? *Zeitschrift für das gesamte Genossenschaftswesen*, Vol. 54, S. 193–204.
43. SAPARITO, P.; CHEN, C. C.; SAPIENZA, H. J., 2004: The Role of Relational Trust in Bank-Small Firm Relationships. *Academy of Management Journal*, Vol. 47, S. 400–410.
44. SPRIGGS, J.; HOBBS, J.; FEARNE, A., 2000: Beef producer attitudes to coordination and quality assurance in Canada and the UK. *International Food and Agribusiness Management Review*, Vol. 3, S. 95–109.
45. SYDOW, J., 1991: Strategische Netzwerke in Japan. *Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung*, Vol. 43, S. 238–254.
46. TEECE, D. J.; PISANO, G.; SHUEN, A., 1997: Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, Vol. 18, S. 509–533.
47. THOMPSON, J. D., 1967: *Organizations in Action: Social Science Bases of Administrative Theory*. New York, McGraw-Hill.
48. UZZI, B., 1997: Social Structure and Competition in Interfirm Networks: The Paradox of Embeddedness. *Administrative Science Quarterly*, Vol. 42, S. 35–67.
49. WEBSTER, F. E. Jr., 1992: The Changing Role of Marketing in the Corporation. *Journal of Marketing*, Vol. 56, S. 1–17.
50. WHIPPLE, J. M.; FRANKEL, R., 1998: The Alliance Formation Process. *International Food and Agribusiness Management Review*, Vol. 1, S. 335–357.
51. WILDEMANN, H., 1997: Koordination von Unternehmensnetzwerken. *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, Vol. 67, S. 417–439.
52. WILLIAMSON, O. E., 1996: *The Mechanism of Governance*. Oxford University Press, New York.
53. ZYLBERSZTAJN, D., 2004: Organization of firm networks: Five critical points for empirical analysis. *Journal of Chain and Network Science* Vol. 4, S. 1–6.

### Fußnoten

- 1) Während beispielsweise RINGLE (42) die Genossenschaft als horizontale Kooperationsform darstellt, untersuchen HENDRIKSE und VEERMAN (23) Genossenschaften in einem vertikalen Kontext. Dies verdeutlicht, dass in der Literatur die Typologisierung von Kooperationsformen heterogen erfolgt.
- 2) Im Kontext des Agri-Food Business werden diese häufig als „Supply Chain Networks“ (SCN) oder „Netchains“ bezeichnet (20; 30).
- 3) Selbstverständlich können fokale Unternehmen auf jeder Stufe der Wertschöpfungskette lokalisiert sein (32), jedoch ist die Majorität der fokalen Unternehmen auf der Stufe der Handels- oder Herstellerunternehmen zu finden.

*Autorenanschrift:* Dr. JON H. HANF, Leibniz-Institut für Agrarentwicklung in Mittel- und Osteuropa, Theodor-Lieser-Str. 2, 06120 Halle (Saale), Deutschland und Dr. KIRSTI DAUTZENBERG, Universität Potsdam, Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Fakultät, BIEM-CEIP, Am Park Babelsberg 14, Haus 5, Raum 213, 14482 Potsdam, Deutschland  
hanf@iaino.de  
kirsti.dautzenberg@uni-potsdam.de

## Regionale Impulse durch ökologischen Landbau

### Potenziale für periphere ländliche Räume am Beispiel von Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern

MARTINA SCHÄFER, BENJAMIN NÖLTING, Berlin und ASTRID ENGEL, München

#### 1 Einleitung

Ländliche Räume stehen vor großen Herausforderungen, sie drohen im Zuge des bereits länger andauernden Strukturwandels von den Metropolregionen abgehängt zu werden (3). Besonders zugespitzt hat sich die Situation in Ostdeutschland, wo sich diese Wandlungsprozesse in sehr kurzer Zeit vollzogen haben. In der öffentlichen Debatte werden die dortigen ländlichen Räume gemeinhin mit demografischer Schrumpfung, der Abwanderung besser ausgebildeter Personengruppen, insbesondere junger Frauen, hoher Arbeitslosigkeit und einem Abbau von sozialer und kultureller Infrastruktur charakterisiert. So wird bereits über verlassene Landstriche spekuliert, die von der „Wildnis“ zurückerobert werden könnten.

Solche „Schreckensmeldungen“, aber auch der Druck der Welthandelsorganisation zur Liberalisierung der Agrarmärkte und Engpässe in den öffentlichen Haushalten sind Anlass für die Neujustierung der Politik des ländlichen Raumes in Deutschland. Dies dokumentiert beispielsweise die Konferenzreihe „Zukunft ländlicher Räume“ des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV). Auch der Wissenschaftliche Beirat für Agrarpolitik fordert eine grundlegende Reform der Politik für die ländlichen Räume, die stärker sektorübergreifend und am Subsidiaritätsprinzip orientiert sein soll (67). Der politische Rahmen für die ländliche Entwicklung wird durch die Gemeinsame Agrarpolitik der Europäischen Union gesetzt. Diese zielt nicht mehr allein auf die Förderung der Wettbewerbsfähigkeit der landwirtschaftlichen Betriebe auf dem Weltmarkt, sondern zunehmend auch auf eine nachhaltige, multifunktionale Landnutzung ab. Diese Neuorientierung spiegelt sich unter anderem im „Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums“ (ELER) wider, der für den Zeitraum 2007–2013 erstmals alle Fördermaßnahmen der ländlichen Entwicklung bündelt und – noch relativ vorsichtig – über den Agrarsektor hinausweist. Ziel der ELER-Verordnung ist es, durch die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der Land- und Forstwirtschaft, die Verbesserung der Umwelt sowie die Erhöhung der Lebensqualität und eine Diversifizierung der Wirtschaft „zur Förderung nachhaltiger Entwicklung des ländlichen Raums“ beizutragen (ELER-VO, Art. 3). Deutlich weiter gehen Vorschläge der OECD, die kritisiert, dass durch die Jahrzehnte lange Fokussierung auf den Agrarsektor und die Agrarpolitik zentrale lokale Standortvorteile und „neue“ Akteure außerhalb der Landwirtschaft vernachlässigt wurden. Diese Potenziale sollten in den Vordergrund neuer Governance-Strategien gerückt werden (51). Gerade periphere ländliche Regionen in Ostdeutschland mit ihren strukturellen Problemen stellen aus unserer Sicht die Nagelprobe für die Tragfähigkeit solcher Strategien dar.

In dem Artikel wird untersucht, an welche Potenziale und Akteure solche Strategien in Ostdeutschland anknüpfen können. Entgegen der weit verbreiteten Einschätzung, dass dort kaum (mehr) innovative Akteure zu finden sind, vertreten wir die These, dass der

ökologische Landbau einen geeigneten Kristallisationskern für eine nachhaltige ländliche Entwicklung in Nordostdeutschland darstellt. Andere mögliche Impulsgeber könnten darüber hinaus die Erzeugung regenerativer Energien, Tourismus und die konventionelle Agrar- und Lebensmittelwirtschaft sein. Der ökologische Landbau hat sich in den neuen Bundesländern verhältnismäßig rasch entwickelt und nahm 2006 in Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern mit 9,6 % respektive 8,5 % der landwirtschaftlichen Fläche eine Spitzenposition in Deutschland ein (vgl. Tab. 1). Es wird der Frage nachgegangen, welche Rolle der ökologische Landbau als zwar kleiner, aber wachsender Wirtschaftszweig für die Entwicklung der peripheren Räume Ostdeutschlands spielen kann. Dazu werden Ergebnisse aus zwei Forschungsprojekten der Sozial-ökologischen Forschung vorgestellt, die sich mit der Entwicklung der ökologischen Land- und Ernährungswirtschaft in Ostdeutschland beschäftigt haben. Auch wenn die inhaltliche und regionale Ausrichtung beider Projekte unterschiedlich war, so ergänzen sich einige der Ergebnisse sehr gut. Das Projekt „Regionaler Wohlstand neu betrachtet“<sup>(1)</sup> untersuchte die sozialen, ökologischen und kulturellen Leistungen von Betrieben der landwirtschaftlichen Produktion, Verarbeitung und Vermarktung von Bio-Lebensmitteln in der Region Berlin-Brandenburg. Im Projekt „Von der Agrarwende zur Konsumwende?“<sup>(2)</sup> wurde der Schwerpunkt auf eine nähere Betrachtung der Akteure und ihre Motive und Strategien gelegt und eine Typologisierung der landwirtschaftlichen Öko-Betriebe in Mecklenburg-Vorpommern vorgenommen.

Zunächst wird auf die Situation der ländlichen Räume in Ostdeutschland sowie die Entwicklung des Öko-Landbaus insbesondere in Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern eingegangen (Kap. 2). Darauf aufbauend werden zu Beginn des Kapitels 3 die Aspekte formuliert, die für eine nachhaltige ländliche Entwicklung wichtig sind. Es folgt die Darstellung der Forschungsergebnisse zu den Wohlstandsleistungen und den Betriebstypen der ökologischen Land- und Ernährungswirtschaft. Kapitel 4 fasst zusammen, welche Rolle der ökologische Landbau für die Entwicklung ländlicher Räume spielen kann und an welchen Punkten Möglichkeiten der Weiterentwicklung bestehen. In Kapitel 5 wird diskutiert, wie diese Potenziale von Politik und Verwaltung, aber auch von der Bio-Branche selbst, unter den Vorzeichen einer neuen ländlichen Entwicklungspolitik stärker strategisch genutzt werden können.

## **2 Ausgangssituation: Ländliche Räume unter Druck – Öko-Landbau im Wachstum**

### **2.1 Peripherisierung der ländlichen Räume Ostdeutschlands**

Ostdeutschland insgesamt befindet sich in einem doppelten Umbruch: Zum einen fand mit der deutschen Vereinigung eine Integration in das westdeutsche Wirtschafts- und Sozialmodell statt. Zum anderen aber befindet sich das westdeutsche bzw. westeuropäische Modell der sozialen Marktwirtschaft angetrieben durch die Globalisierung selbst im Wandel. Beide Umbruchprozesse überlagern sich und führen zu einer fragmentierten Entwicklung in Ostdeutschland, bei der einzelne Erfolgsbeispiele und ganze Regionen mit erheblichen Strukturproblemen unvermittelt nebeneinander stehen (39; 5). Die Folgen sind gesellschaftliche und wirtschaftliche Verwerfungen, von denen neben alt-industriellen insbesondere ländliche Regionen betroffen sind. Dort ist die Arbeitslosigkeit besonders hoch und der demografische Wandel stark zu spüren. Die Bevölkerungsdichte nimmt weiter ab, staatliche Infrastruktur kann kaum mehr finanziert werden und soziale Strukturen wie Dorfvereine, Fußballmannschaften, Kulturhäuser und Bildungseinrichtungen erodieren (38).

Eine Ursache für diese Entwicklungen war der tief greifende Strukturwandel in der Landwirtschaft, die mit der Bodenreform und der Kollektivierung nach dem zweiten

Weltkrieg und der Wiedervereinigung 1990 innerhalb verhältnismäßig kurzer Zeit zwei historischen Zäsuren unterworfen war (60, S. 44–46). In der DDR war der Agrarsektor hauptsächlich in großen Landwirtschaftlichen Produktionsgenossenschaften (LPG) und Volkseigenen Gütern (VEG) organisiert, die mit dem Ziel der Ertragssteigerung eine stark spezialisierte und industrialisierte Form der Landwirtschaft mit entsprechenden Umweltbelastungen betrieben. Der Stellenwert der Landwirtschaft war in der DDR relativ hoch, da weitgehende Eigenversorgung angestrebt wurde. Um geringe Lebensmittelpreise zu garantieren, wurde der Sektor hoch subventioniert (62, S. 3–4; 18). In ländlichen Gebieten Brandenburgs und Mecklenburg Vorpommerns spielten die LPG auch im sozialen Leben eine zentrale Rolle, sie waren der wichtigste Arbeitgeber, stellten die soziale und kulturelle Infrastruktur wie Kinderbetreuung, Kulturhäuser etc. bereit und waren die maßgeblichen Akteure in den Landgemeinden (41; 40).

Mit der Wiedervereinigung waren die landwirtschaftlichen Betriebe gezwungen, sich in sehr kurzen Zeiträumen an die Rahmenbedingungen der EU-Agrarpolitik anzupassen. Die organisatorische Umgestaltung der Unternehmen war aufgrund unklarer Eigentumsverhältnisse, Kapitalmangel sowie Problemen der Finanzierung und der Unternehmensführung äußerst schwierig. Wegen der Unsicherheit der Märkte, der geringen Eigenkapitalausstattung gründungswilliger Unternehmer, der Spezialisierung innerhalb der landwirtschaftlichen Berufe und weiterer, auch sozialpsychologischer Gründe wurden verhältnismäßig wenige Familienbetriebe gegründet. Im Ergebnis der Transformation entstanden etliche LPG-Nachfolgebetriebe, die in der Rechtsform einer juristischen Person geführt werden (rund 3200 Betriebe 2003) und die in ihrer Unternehmensgröße und -struktur kaum den westdeutschen Betrieben entsprechen (41; 36; 26). Die Mehrheit der Betriebe bildet jedoch eine Vielzahl anderer Betriebs- und Unternehmensformen (rund 23 500 Einzelunternehmen). Diese Diversität ist bis heute charakteristisch für die Landwirtschaft in Nordostdeutschland und unterscheidet sie deutlich von der Situation in Westdeutschland. Während in Westdeutschland ein großer Anteil der Betriebe bis zu zehn ha bewirtschaftet und nur ein geringer Anteil der landwirtschaftlichen Nutzfläche von Betrieben mit mehr als 100 ha bewirtschaftet wird, wird im Osten ein großer Teil der Fläche von wenigen, sehr großen Betrieben mit mehreren 100 oder sogar über 1000 ha bewirtschaftet. Nach der Bewältigung der Startschwierigkeiten sind die neu organisierten Landwirtschaftsunternehmen wirtschaftlich im bundesdeutschen Vergleich erfolgreich. Die ostdeutsche Landwirtschaft ist damit einer der sehr wenigen Wirtschaftszweige, der im Zuge der Wiedervereinigung eigenständige Strukturen beibehielt (66; 22; 21; 26, S. 27).

Eine wichtige Voraussetzung für den Aufbau stabiler, wettbewerbsfähiger Strukturen war zum einen die Aufgabe der infrastrukturellen, sozialen, kulturellen und administrativen Funktionen der Betriebe und zum anderen die massive Reduktion der Beschäftigten auf 20 % und weniger des ursprünglichen Bestandes (39, S. 216). LAND und WILLISCH (38) verweisen darauf, dass infolgedessen die erfolgreichen landwirtschaftlichen Unternehmen kaum noch regional eingebettet sind und nur wenig zu regionaler Wertschöpfung beitragen, da die Vorprodukte aus anderen Regionen bezogen und die erzeugten Produkte vorwiegend überregional vermarktet werden (ähnlich 42). Daraus ergibt sich – auf den ersten Blick paradox anmutend – dass ökonomisch äußerst erfolgreiche, in den Weltmarkt integrierte, Unternehmen in ländlichen Regionen wirtschaften, die mit erheblichen wirtschaftlichen, sozialen und kulturellen Problemen konfrontiert sind und nicht vom Erfolg dieser Unternehmen profitieren (38, S. 104).

In Brandenburg und Mecklenburg -Vorpommern ging die Zahl der land- und forstwirtschaftlich Beschäftigten um 70–80 % zurück (35; 4)<sup>3)</sup>, der Anteil der Erwerbstätigen in der Landwirtschaft an allen Beschäftigten reduzierte sich in Brandenburg von 204 000 (1989) auf 37 000 (November 1992), ihr Anteil an allen Beschäftigten lag 2005 nur noch bei 3,6 % und in Mecklenburg-Vorpommern von 12,6 % 1991 auf 5,2 % 2005. Dementspre-

chend sind die peripheren Räume Brandenburgs und Mecklenburg-Vorpommerns heute von Arbeitslosenraten von 15–30 % betroffen. In engem Zusammenhang damit steht die Neigung zur Abwanderung: In den ländlichen Räumen Mecklenburg-Vorpommerns sind die Einwohnerzahlen seit 1990 um über 10 % zurückgegangen (42, S. 87), wobei davon ausgegangen wird, dass dieser Trend weiter anhält und die Bevölkerungszahlen bis 2020 um weitere 15–18 % abnehmen werden, in manchen Landkreisen (z. B. Ucker-Randow und Demmin) sogar um über 30 % (1).

Im Vergleich zu den meisten ländlichen Räumen in Westdeutschland, die ebenfalls von einem Rückgang der Zahl landwirtschaftlicher Betriebe und der Beschäftigten in diesem Sektor betroffen sind, ist es in Ostdeutschland nur punktuell gelungen, alternative wirtschaftliche Entwicklungen anzustoßen. In beiden Bundesländern bestehen Potenziale im Bereich Tourismus. Immerhin weist Mecklenburg-Vorpommern mittlerweile im bundesweiten Vergleich die höchste Fremdenverkehrsintensität auf und der Anteil der Beschäftigten im Tourismus ist höher als der in der Landwirtschaft. Allerdings ist dies auf wenige Regionen beschränkt und auf keinen Fall ausreichend, um eine allgemeine Trendwende in Gang zu bringen.

Mecklenburg-Vorpommern stellt sowohl deutschland- als auch europaweit in ökonomischer Hinsicht eines der Schlusslichter dar (15, S. 3; 59, S. 101–102). Brandenburg profitiert dagegen vom Berliner Umland, dem sogenannten Speckgürtel, aber die ländlichen Gebiete im äußeren Entwicklungsraum Brandenburgs sind ebenfalls mit großen ökonomischen Schwierigkeiten konfrontiert (30).

In beiden Bundesländern wurden in den letzten Jahren im Rahmen von nationalen Modellprogrammen wie Regionen aktiv und EU-Förderinitiativen wie INTERREG und LEADER II/+ Anstrengungen unternommen, sektorübergreifende Entwicklungsprozesse im ländlichen Raum durch die Bildung von heterogenen Netzwerken mit Vertretern von Politik und Verwaltung, zivilgesellschaftlichen Organisationen und Unternehmen anzustoßen. Wie die Begleitforschung zeigt (33, S. 7) konnten hierdurch sowohl „weiche“ Wirkungen, wie die Initiierung neuer Partnerschaften und Kooperationen und die Stärkung regionaler Identität als auch erste „harte“ Effekte wie die Entwicklung innovativer Produkte und Dienstleistungen, die Stabilisierung und Schaffung von Arbeitsplätzen und die Mobilisierung finanzieller Potenziale erzielt werden.

## 2.2 Der Öko-Landbau als Wachstumsbranche

Im Kontrast zu den hier geschilderten Erosionsprozessen ländlicher Regionen kann die Entwicklung des Öko-Landbaus in Ostdeutschland als Erfolgsgeschichte bezeichnet werden. In der DDR gab es offiziell keinen ökologischen Landbau; er wurde nur in absoluten Nischen in sehr geringem Umfang betrieben. Seit 1990 hat der Öko-Landbau in Ostdeutschland ein rasches Wachstum erlebt: beginnend am Nullpunkt liegen mittlerweile rund 43 % aller deutschen Ökolandbauflächen in den neuen Bundesländern (vgl. Tab. 1).

Die rasche Ausweitung des ökologischen Landbaus 1991 und 1992 muss in engem Zusammenhang mit der finanziellen Förderung durch die EU-Extensivierungsprogramme (nach der EG Verordnung 4115/88) gesehen werden. Vor allem in den Grünlandregionen und den ertragsschwachen Standorten in Nordostdeutschland war dieses Programm attraktiv und trug dazu bei, die Liquidität der Betriebe zu sichern (62, S. 10–12). Die schwachen Standorte lassen eine rentable intensive Bewirtschaftung nur bedingt zu, sodass der Schritt zum Öko-Landbau klein ist. Nicht zuletzt liegt ein großer Teil der Öko-Landbauflächen in Brandenburg in (Groß-)Schutzgebieten (2). Mit der Umsetzung der EU-Ökoverordnung 2092/92 in Deutschland hielt das Wachstum ökologisch bewirtschafteter Flächen insbesondere in Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern an. Heute weisen diese bei-

den Bundesländer im bundesweiten Vergleich mit die höchsten Flächenanteile im ökologischen Landbau auf (vgl. Tab. 1).

*Tabelle 1. Strukturdaten zum Öko-Landbau in Ostdeutschland*

Jahr	2006			
	Anzahl Öko-Höfe	ökologisch bewirtschaftete Fläche (in ha)	Anteil des Ökolandbaus (in %)	Durchschnittliche Größe (in ha)
Berlin	10	158	–	16
Brandenburg	618	127 957	9,6	207
Mecklenburg-Vorpommern	662	116 506	8,5	176
Sachsen	293	25 053	2,8	86
Sachsen-Anhalt	288	44 295	3,8	154
Thüringen	250	31 618	4,0	126
Deutschland gesamt	17 557	825 539	4,9	47
Ostdeutschland	2 121	345 587	6,2	163
Westdeutschland	15 436	479 952	4,2	31
Anteil Ostdeutschlands	12,1 %	42,8 %	/	/

Quelle: Strukturdaten der ZMP, eigene Berechnung

Neben vielen kleinen und mittleren Betrieben von Wieder- und Neueinrichtern gibt es einige große LPG-Nachfolgebetriebe, die Flächen von 1000 ha und mehr ökologisch bewirtschaften. Die durchschnittliche Größe ökologisch wirtschaftender Betriebe beträgt in Ostdeutschland 163 ha im Vergleich zu 31 ha in Westdeutschland. In Tabelle 1 sind die Betriebsgrößen im ökologischen Landbau aufgeführt.

Weniger rasch verlief die Entwicklung beim Aufbau von Verarbeitungs- und Vermarktungsstrukturen für Produkte aus ökologischem Anbau. Dies kann mit dem verhältnismäßig kurzen Entwicklungszeitraum für eine neuen Wirtschaftszweig und dem Konsumverhalten in Ostdeutschland erklärt werden, das vorwiegend auf preiswerte Lebensmittel ausgerichtet ist (68, S. 25–26). Die meisten ostdeutschen Öko-Verarbeitungsbetriebe sind kleine Unternehmen wie Öko-Bäcker, Mühlen oder Hofverarbeiter. In aller Regel sind die Verarbeitungsschritte einfach und enden bei Halbfertigprodukten wie Mehlen und pasteurisierter Milch. Es fehlen somit Verarbeitungsstrukturen in Ostdeutschland, die die landwirtschaftliche Produktion aufnehmen könnten, die regionalen Wertschöpfungsketten sind wenig ausgebaut (8).

Bei der Vermarktung von Bio-Lebensmitteln in den neuen Bundesländern stellen konventionelle Supermärkte den Hauptvermarktungsweg dar (9; 10). Strukturen der Ab-Hof-Vermarktung und des Naturkostfachhandels sind sehr viel geringer ausgeprägt als in westdeutschen Bundesländern.

Ein großer Teil der landwirtschaftlichen Erzeugnisse wird von den Öko-Landwirtschaftsbetrieben in Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern in die alten Bundesländer und auf dem europäischen Markt verkauft. Sie produzieren effizient und sind mit großen, einheitlichen Partien wettbewerbsfähig. Dabei werden häufiger als in den westdeutschen Bundesländern Erzeugergemeinschaften als Vermittlungsinstanzen genutzt (53,



S. 183–208). Es gibt aber auch – meist kleinere – Höfe, die ausschließlich für regionale Märkte produzieren. Die regionale Vermarktung von Öko-Produkten in Nordostdeutschland weist somit noch beträchtliche Entwicklungspotenziale auf. Aufgrund dieser hier dargestellten Charakteristika kann man davon sprechen, dass in den neuen Bundesländern ein neuer Typus des Ökolandbaus entstanden ist (28, S. 47).

Neben den strukturellen Unterschieden sollen einige Besonderheiten des Öko-Landbaus in Ostdeutschland hinsichtlich seiner gesellschaftlichen Verankerung und der organisatorischen Einbindung aufgeführt werden. In diesem Zusammenhang besteht ein wichtiger Unterschied darin, dass die Bio-Unternehmen sich in Westdeutschland in enger Verbindung mit der Umweltbewegung der 1980er-Jahre entwickelt haben, wodurch die Ideale und Werte einer umweltfreundlichen Landwirtschaft und einer gesunden Ernährung in breitere Bevölkerungskreise getragen wurden (58). In Ostdeutschland existiert keine vergleichbare soziale Bewegung, an die mit Öffentlichkeitsarbeit oder Marketing angeknüpft werden kann. Für den geringeren Konsum von Bio-Produkten spielt aber auch die geringere Kaufkraft der ostdeutschen Bevölkerung eine wichtige Rolle.

Was die Akzeptanz für diesen Wirtschaftszweig bei Akteuren im ländlichen Raum betrifft, so waren die Beziehungen zwischen konventionellem und ökologischem Landbau in den alten Bundesländern historisch bedingt lange Zeit stärker durch Abgrenzungen und ideologische Grabenkämpfe geprägt. Mit der Entwicklung der Bio-Branche von der Nische zum Mainstream haben sich aber auch hier die „Lager“ schrittweise angenähert. In den ostdeutschen Bundesländern herrschte zwischen den Akteuren dieser beiden landwirtschaftlichen Ausrichtungen bereits seit den Anfängen des Öko-Landbaus ein pragmatischeres Verhältnis.

In Ostdeutschland haben sich neben den Verbänden Bioland, Demeter und Naturland zwei neue Verbände – Gäa und Biopark – gegründet, die den spezifischen Bedingungen und Interessen ostdeutscher Bio-Landwirte Rechnung tragen. In Brandenburg verteilen sich die Betriebe auf die fünf genannten Verbände, wobei Bioland und Biopark die mitgliederstärksten unter ihnen darstellen. In wichtigen Fragen kooperieren die Verbände und vertreten ihre Interessen gemeinsam gegenüber der Politik. In Mecklenburg-Vorpommern ist der größte Teil (82 %) der Verbands-Betriebe Mitglied bei Biopark. Die anderen Verbände haben aufgrund der niedrigen Mitgliedszahlen bisher keine eigenen Geschäftsstellen in dieser Region etabliert. Mittels einer Erzeugergemeinschaft bietet Biopark intensive Unterstützung bei der überregionalen Vermarktung der Produkte. Der Verband ist auch der zentrale Verhandlungspartner des Mecklenburger Landwirtschaftsministeriums, wenn es um ökologischen Landbau geht. Eine neue Entwicklung der letzten Jahre ist, dass der Anteil der Betriebe, die nicht in Verbänden organisiert sind, sondern nach der Zertifizierung der EU wirtschaften, kontinuierlich zunimmt. In Brandenburg beträgt er mittlerweile 42 % (45, S. 80), in Mecklenburg-Vorpommern 40 % (43, Tabellenanhang S. 19).

Es kann zusammengefasst werden, dass die peripheren Räume Brandenburgs und Mecklenburg-Vorpommerns vor sehr ähnlichen Herausforderungen stehen, nämlich der Abwanderung und dem wachsenden Defizit an wirtschaftlichen, sozialen und kulturellen Strukturen entgegenzuwirken. Unterschiede zwischen beiden Regionen gibt es dahingehend, dass mit Berlin ein größerer Ballungsraum vorhanden ist, der in Entwicklungsstrategien für Brandenburg einbezogen werden kann. Auf der anderen Seite weisen einige Gebiete Mecklenburg-Vorpommerns ein hohes touristisches Potenzial auf, an das angeknüpft werden kann. Mit dem ökologischen Landbau hat sich in beiden Bundesländern erfolgreich ein Wirtschaftszweig in ländlichen Räumen entwickelt, der allerdings sowohl wirtschaftlich als auch gesellschaftlich im lokalen und regionalen Umfeld im Vergleich mit Süddeutschland bisher nur schwach verankert ist. Die empirischen Ergebnisse aus den beiden sozial-ökologischen Forschungsprojekten werden einen genaueren Eindruck vermitteln, welche Potenziale zur Entwicklung ländlicher Regionen dieser Sektor aufweist.

### 3 Aktivitäten und Akteure des Öko-Landbaus in ländlichen Regionen Ostdeutschlands

In diesem Beitrag gehen wir von einer Definition nachhaltiger Entwicklung aus, die die Menschen im ländlichen Raum und ihre Bedürfnisse in den Mittelpunkt der Betrachtung stellt. In diesem Sinne kann nachhaltige ländliche Entwicklung verstanden werden als:

„Economic growth, improvement of social conditions, and conservation of natural values are all equally important features in sustainable rural development, which should be induced according to a bottom-up approach, through a [...] [participative] and sustainable use of local endogenous resources (environment, labour force, knowledge, patterns of production, consumption, and communication). Sustainable rural communities should be able to recognize and internalize exogenous chances of growth, i.e. markets, policies, and technology opportunities, properly integrating and balancing them with the need to preserve and enhance rural specificities and diversity [...].“ (52, S. 113)

Bezieht man diese Anforderungen an nachhaltige ländliche Entwicklung auf die Ausgangslage der peripheren Räume Ostdeutschlands, dann lassen sich unter anderem folgende Punkte benennen, die für eine zukunftsfähige Entwicklung besonders wichtig sind:

- Eine zentrale Herausforderung ist der Erhalt und die *Schaffung von Arbeitsplätzen und Einkommen*. Dazu gehören eine stärkere Vernetzung der Landwirtschaftsbetriebe untereinander und mit anderen regionalen Unternehmen, um die *regionale Wertschöpfung* zu erhöhen sowie der Ausbau wirtschaftlicher Aktivitäten außerhalb der Landwirtschaft.
- Parallel dazu ist eine *Stärkung sozialer und kultureller Ressourcen* in ländlichen Gebieten notwendig, um die Lebensqualität dort zu verbessern.
- Ein weiterer wichtiger Ansatzpunkt ist die *Stärkung einer umweltverträglichen Landwirtschaft und Kulturlandschaftspflege*, die entscheidend dazu beiträgt, die enormen naturräumlichen und touristischen Potenziale zu erhalten und ökonomisch nutzbar zu machen.
- Außerdem spielen der *Erhalt von Wissensbeständen, Kommunikations- und Lernprozesse* – von konkreten Qualifizierungen bis hin zu Werte- und Leitbilddiskussionen – eine wichtige Rolle, um ökonomische, soziale und ökologische Potenziale wechselseitig fruchtbar zu machen, Anstöße zu nachhaltigen Lebens- und Wirtschaftsformen zu geben und Innovationen im ländlichen Raum anzuregen.

Im Folgenden wird der Frage nachgegangen, ob der ökologische Landbau in Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern einen Beitrag zu diesen Punkten leistet. In Abschnitt 2.1 werden zunächst die *Aktivitäten* des Öko-Landbaus anhand des Biosektors in Brandenburg dargestellt und resümiert, inwieweit diese Impulse für ländliche Räume geben. Abschnitt 2.2 konzentriert sich auf die Charakterisierung der *Akteure* im Öko-Landbau. Am Beispiel Mecklenburg-Vorpommerns wird deutlich, dass angesichts der Ausdifferenzierung der ökologischen Land- und Ernährungswirtschaft ihre Akteure ebenso vielfältig sind wie ihre Aktivitäten. Die im Rahmen des Projektes entwickelte Typologie der Akteure kann dazu dienen, die Akteursgruppen zu konkretisieren und zu unterscheiden und damit das endogene Potenzial für ländliche Entwicklung zu identifizieren.

#### 3.1 Die gesellschaftlichen Leistungen des Öko-Landbaus in Brandenburg und ihre Bedeutung für nachhaltige Regionalentwicklung

Der Schwerpunkt des Projekts „Regionaler Wohlstand neu betrachtet“ lag in der Untersuchung der gesellschaftlichen Leistungen von Betrieben der landwirtschaftlichen Produktion, Verarbeitung und Vermarktung von Bio-Lebensmitteln in der Region Berlin-Brandenburg. Es geht um ihren Beitrag zu „regionalem Wohlstand“ im Sinne nachhaltiger

Entwicklung und Lebensqualität (57; 56). Die Ergebnisse beruhen auf einer quantitativen Befragung mit einem umfangreichen Fragebogen, der allen 577 Bio-Landwirtschaftsbetrieben in der Region zugeschickt wurde. 202 Betriebe antworteten, was einer Rücklaufquote von 35 % entspricht. Die Antwortbetriebe waren bezüglich ihrer Flächenausstattung, den Organisationsgrad in Anbauverbänden sowie des Anteils an Betrieben mit und ohne Tierproduktion in unserem Sample der der Brandenburger Grundgesamtheit sehr ähnlich (44). Allerdings nahmen im Vergleich zur Gesamtheit in Berlin-Brandenburg etwas mehr ältere als neu gegründete Betriebe an der Befragung teil. Ergänzt wurde die Erhebung durch vier qualitative Fallstudien in den Jahren 2004 und 2005.

a) Bedeutung als Arbeitgeber und für regionale Wertschöpfung

Der Öko-Landbau in Brandenburg ist in den letzten Jahren kräftig gewachsen und schafft damit Einkommen sowie Arbeits- und Ausbildungsplätze. Zwar können die Arbeitsplätze im Öko-Landbau wegen ihres geringen Anteils nicht die Probleme struktureller Arbeitslosigkeit lösen, aber in strukturschwachen ländlichen Gebieten Brandenburgs kann es für ein Dorf einen großen Unterschied machen, ob ein größerer Öko-Landwirtschaftsbetrieb vorhanden ist oder nicht. Für Jugendliche, die in der Landwirtschaft tätig sein wollen, stellt die positive Entwicklung des Öko-Landbausektors eine mögliche Perspektive dar.

Nach der Erhebung sind auf den landwirtschaftlichen Bio-Betrieben in Brandenburg hochgerechnet insgesamt ca. 3000 Personen beschäftigt (Voll- und Teilzeitarbeitsplätze). Davon sind ca. die Hälfte Frauen und fast ein Viertel sind Arbeitnehmer(innen) über 55. Ein Drittel der landwirtschaftlichen Betriebe wird von Frauen geleitet. Fast zwei Drittel der landwirtschaftlichen Betriebe in Brandenburg beschäftigen nicht mehr als fünf Mitarbeiter(innen) und weisen Umsätze unter 100 000 € pro Jahr auf.

Die Mehrzahl der Geschäftsführer(innen) (71 %) schätzt die Lage ihres landwirtschaftlichen Betriebs so ein, dass eine weitere Existenz in den nächsten fünf Jahren sehr wahrscheinlich oder wahrscheinlich ist. Fast die Hälfte der Betriebe hat in den letzten zwei Jahren Investitionen vorgenommen; ein Drittel der Unternehmen wollen in den nächsten zwei Jahren investieren. Über ein Drittel der Betriebsleiter ist allerdings sehr unzufrieden mit der wirtschaftlichen Situation des Betriebs und dem eigenen Einkommen.

Was die Wertschöpfung in der Region angeht, so verfügt über ein Drittel der Betriebe (36 %) über stabile regionale Handelsbeziehungen. Immerhin eine Gruppe von 42 % gibt an, dass sie mehr als 80 % der erzeugten Lebensmittel in der Region vermarkten. Eine andere Gruppe von ca. einem Drittel der befragten Betriebe vertreibt allerdings weniger als ein Fünftel der Produkte in der Region. Neben der landwirtschaftlichen Erzeugung sind rund 40 % der Unternehmen noch in weiteren Betriebszweigen aktiv: in der Direktvermarktung (24 %), der Landschaftspflege (20 %) oder im Bereich Tourismus (16 %).

b) Stabilisierung sozialer Ressourcen durch regionale Vernetzung

Die Unternehmer(innen) leisten einen Beitrag zur Stabilisierung sozialer Ressourcen und zur stärkeren Verankerung des Öko-Landbaus in der Region beispielsweise dadurch, dass sie sich in lokalen oder regionalen Vereinigungen engagieren oder diese unterstützen. In Berlin-Brandenburg geben über die Hälfte der Bio-Landwirtschaftsbetriebe Sach- oder Geldleistungen an gemeinnützige Organisationen. Fast 40 % der Geschäftsführer(innen) sind in Umwelt- oder Dorfvereinen, Bürgerinitiativen wie Gentechnikfreien Zonen, regionalen Netzwerken wie LEADER+ oder Vereinen, die die Biosphärenreservate oder Naturparke unterstützen, aktiv. Solche Formen regionaler Vernetzung werden dadurch gestützt, dass die Bio-Unternehmen wegen ihrer spezifischen Ausrichtung – der umweltfreundlichen Produktion von hochwertigen Lebensmitteln – häufig gemeinsame Interessen mit Organisationen der nachhaltigen Regionalentwicklung haben. Dies spiegelt sich auch darin wider, dass sich ein hoher Anteil der Betriebe mit anderen über Ziele und Visionen

austauscht. In den Fallstudien wurde deutlich, dass manche landwirtschaftliche Betriebe in ihrer Region einen Kristallisationspunkt darstellen, von dem vielfältige Aktivitäten z. B. in den Bereichen Regionalvermarktung, Umwelt- und Landschaftsschutz und der Erhaltung lebendiger Dörfer ausgehen. Diese Rolle als Förderer für ländliche Entwicklung wird auch von Vertretern regionaler Institutionen und Organisationen positiv hervorgehoben.

Weiterhin scheint die Solidarität unter den landwirtschaftlichen Betrieben verhältnismäßig hoch zu sein: Fast die Hälfte der Betriebe gab an, dass sie andere Unternehmen in der Region in Notlagen unterstützen. Dies kann mittels Beratung oder Unterstützung mit Arbeitskraft, Geräten oder finanziellen Mitteln geschehen. Einen Überblick über die sozialen Aktivitäten gibt Abbildung 1.

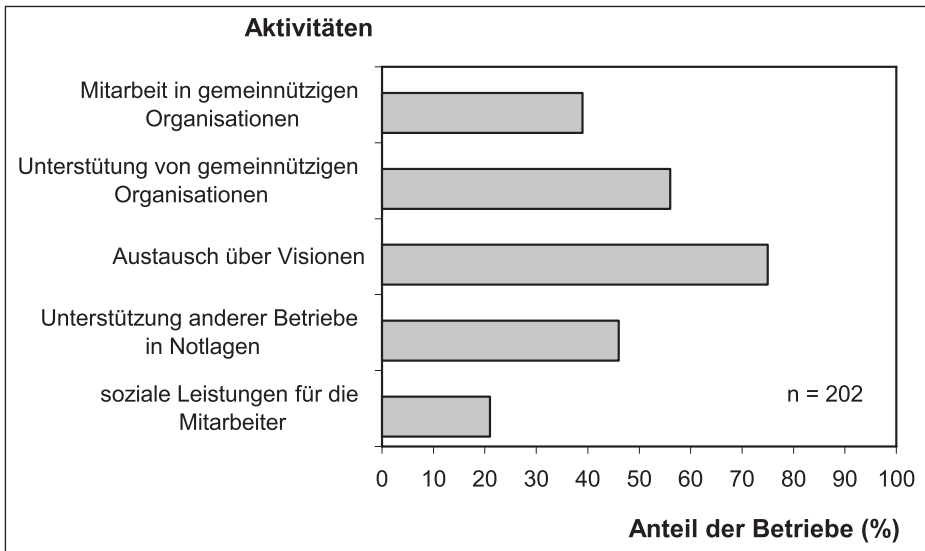


Abb. 1. Aktivitäten der Stabilisierung sozialer Ressourcen

Quelle: eigene Erhebung.

### c) Aktivitäten des Natur-, Umwelt- und Landschaftsschutzes

Durch zahlreiche Untersuchungen ist belegt, dass die Ökolandbau-Betriebe durch die Einhaltung der EU-Öko-Richtlinien mit dem Verzicht auf synthetische Dünge- und Pflanzenschutzmittel einen erheblichen Beitrag zur Erhaltung der Wasser- und Bodenqualität sowie der Artenvielfalt wildlebender Pflanzen und Tiere leisten (63; 34; 61). Darauf aufbauend wurden in unserer Untersuchung zusätzliche ökologische Aktivitäten, die über die EU-Öko-Standards hinausgehen, erfragt.

Viele Betriebe setzen einen Schwerpunkt im Bereich der Erhaltung von Arten- und Biotopvielfalt. 61 % der Betriebe tragen durch die Art und den Zeitpunkt der Mahd und die Anlage von Hecken, Gewässerrandstreifen oder Feuchtbiotopen zu einer vielfältigen Kulturlandschaft bei. Einige dieser Maßnahmen werden im Rahmen des Kulturlandschaftsprogramms finanziell gefördert. Weiterhin bauen 29 % der Betriebe seltene bzw. alte Kulturpflanzen an oder halten alte Tierrassen und leisten damit einen Beitrag zur Erhaltung der Vielfalt kultivierter Arten und Rassen. 38 % der Betriebe bemühen sich über Fruchtfolgen, Mulchen und den Anbau von Stickstoff fixierenden Kulturen besonders um den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit. Der Erfolg dieser Maßnahmen wurde durch eine andere Untersuchung Brandenburger Ökobetriebe bestätigt (6). Darüber hinaus sparen

jeweils über 40 % der Betriebe Wasser und Energie ein, ein weiteres Fünftel hat mit der Erzeugung regenerativer Energie begonnen.

d) Verbreitung von Wissen und Erfahrung über umweltfreundliche Landwirtschaft und gesunde Ernährung

Für die Verbreitung nachhaltiger Wirtschafts- und Lebensweisen ist die Weitergabe von Wissen und Erfahrung essenziell. Bei den Verbrauchern und Verbraucherinnen kann neben einer Pluralisierung der Ernährungsstile ein Wissens- und Erfahrungsverlust bezüglich Landwirtschaft und Ernährung beobachtet werden (54; 19). Im Rahmen der Untersuchung werden Maßnahmen der formellen (Weiter- und Aus-)Bildung von informellen Maßnahmen der Weitergabe von Informationen und der Erfahrungsvermittlung unterschieden.

Ein Teil der Betriebe engagiert sich in der formellen Qualifizierung der Mitarbeiter(innen). Während die Ausbildung von Lehrlingen zahlenmäßig nur eine untergeordnete Rolle spielt, wird großer Wert auf die Weiterbildung der Mitarbeiter(innen) gelegt (s. Abb. 2).

Die überwiegend informelle Wissensvermittlung der Unternehmen richtet sich vor allem an Konsumenten und Bürger. So informieren sie während des Verkaufsgesprächs, auf Festen, bei Führungen oder Verkostungen, in Veranstaltungen oder auf Internetseiten über umweltfreundliche Landwirtschaft und gesunde Ernährung. Neben der Vermittlung kognitiven Wissens spielt die sinnliche Erfahrung eine wichtige Rolle: Hoffeste, Verkostungen oder die Möglichkeit der Mitarbeit auf landwirtschaftlichen Betrieben ermöglichen einen anderen Zugang zum Thema als Broschüren oder Vorträge (s. ausführlichere Darstellung in 11). Einen Überblick über die Aktivitäten im Bereich der Wissens- und Erfahrungsvermittlung bietet Abbildung 2. Insgesamt ist die Hälfte der Betriebe im Bereich der Wissensvermittlung aktiv. Dabei wird von den landwirtschaftlichen Betrieben schwerpunktmäßig das Thema „Ökologischer Landbau“ aufgegriffen. Auch die Vermittlung regionaler Belange spielt eine wichtige Rolle. Zusätzlich zu den in der Abbildung dargestellten Aktivitäten gibt jeweils ca. ein Fünftel der Betriebe an, dass sie Informationsveranstaltungen anbieten oder sich an öffentlichen Diskussionen beispielsweise zu den Themen Gentechnik oder gesunde Ernährung beteiligen. Mit diesen Aktivitäten leisten die Betriebe in der Region einen Beitrag zur Stärkung von Stadt-Land-Verbindungen.

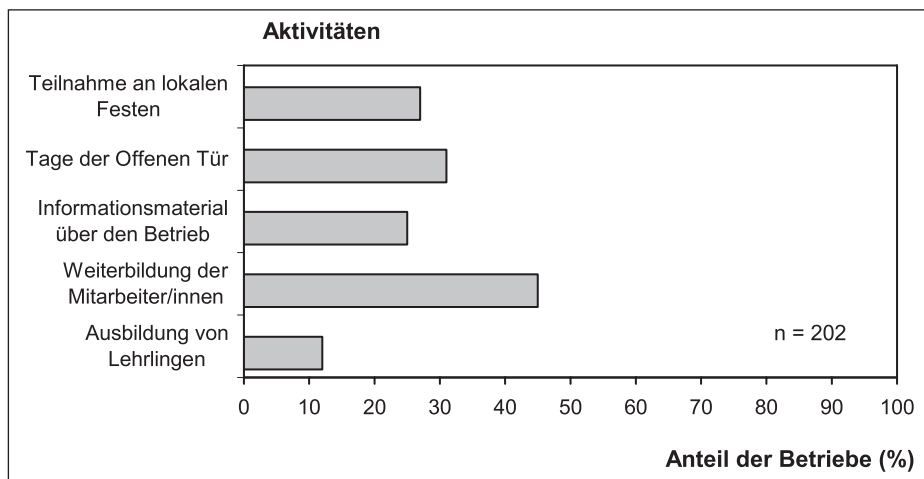


Abb. 2. Aktivitäten der Wissens- und Erfahrungsvermittlung von Öko-Betrieben in Berlin-Brandenburg

Quelle: eigene Erhebung.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass aus den hier dargestellten Aktivitäten hervorgeht, dass ein erheblicher Anteil der Öko-Landwirte in sehr vielfältiger Form sowohl exogene Markt- und Entwicklungschancen wahrnehmen, als auch ländliche Besonderheiten bewahren und weiterentwickeln und auf diese Weise zur Stärkung endogener Ressourcen und nachhaltiger ländlicher Entwicklung im Sinne der eingangs aufgeführten Definition beitragen.

### 3.2 Typologisierung der Betriebe des Öko-Landbaus in Mecklenburg-Vorpommern

Ebenso vielfältig wie die Aktivitäten sind die Akteure des Ökolandbaus. Anhand von Ergebnissen aus Mecklenburg-Vorpommern wird gezeigt, dass es möglich ist, mit Hilfe einer qualitativen Typologisierung Betriebe mit unterschiedlichen Ausrichtungen zu differenzieren. Dies spiegelt die Ausdifferenzierung der Öko-Branche wider.

Im Rahmen des Projektes „Von der Agrarwende zur Konsumwende“ wurde der Fokus bewusst auf die Betrachtung der Rolle der Akteure gelegt. Dieser Herangehensweise liegt der Gedanke zu Grunde, dass nicht nur gute Förderprogramme, sondern vor allem Menschen benötigt werden, um den Öko-Landbau zu stärken und neue Perspektiven für ländliche Räume zu entwickeln. Diese Annahme wird durch mehrere Untersuchungen und Evaluierungen von Regionalentwicklungsprojekten (16; 17; 33; 25, S. 159 ff.) gestützt, die ergeben haben, dass das Vorhandensein von hoch motivierten Schlüsselpersonen, die über spezifische Kompetenzen verfügen, einen wesentlichen Erfolgsfaktor für solche Projekte darstellt. Die im Rahmen des Forschungsprojektes entwickelte Typologie ökologisch wirtschaftender Landwirte gibt Anhaltspunkte dafür, wie solche Potenziale identifiziert und gezielt für eine nachhaltige Regionalentwicklung genutzt werden können (vgl. 29, S. 68 ff.). Die Ergebnisse beruhen auf der persönlichen Befragung von 35 Betriebsleiter(inne)n in der Region 2004. Bei der Auswahl der Betriebe wurde versucht, eine möglichst breite Streuung, hinsichtlich der Größe, der Verbandszugehörigkeit, der Unternehmensform und der Produktionsschwerpunkte zu erreichen (20).

Die Charakterisierung der Typen erfolgte unter anderem anhand verschiedener Attribute, die teils vorher festgelegt worden waren und sich teils im Zuge der Auswertung aufgrund des empirischen Materials ergaben: die aktuelle Betriebsstruktur; die Motivation, auf ökologische Wirtschaftsweise umzustellen; die Umstellungsgeschichte; die Einbettung in berufliche und private Netzwerke; die Vermarktungsstrategie und die Perspektiven zur Weiterentwicklung des Unternehmens. Eine Leitfunktion für die Typenbildung hatte die Frage nach den Faktoren, die Landwirte dazu veranlasst haben, auf Ökolandbau umzustellen. Insgesamt konnten fünf Betriebstypen identifiziert werden, die im Folgenden kurz charakterisiert werden (vgl. Tab. 2.).

#### a) Die Idealisten

Die Landwirte, die zu diesem Betriebstyp gehören, stammen sowohl aus Ostdeutschland und hatten schon zu DDR-Zeiten Anstoß an der „industrialisierten Produktionsweise“ genommen als auch aus Westdeutschland und kommen ursprünglich nicht aus der Landwirtschaft. Sie sehen aber die Möglichkeit, mit dem Aufbau eines ökologisch bewirtschafteten Betriebs ihre Vorstellungen einer nachhaltigen Lebens- und Arbeitsweise umzusetzen. Für die Idealisten ist Öko-Landbau Bestandteil einer ganzheitlichen Lebenshaltung. Bei der Bewirtschaftung ihres Hofes orientieren sie sich sehr stark am Bild des Betriebs als Organismus und der Vorstellung des Wirtschaftens in geschlossenen Stoffkreisläufen. Entsprechend vielfältig ist die Betriebsorganisation sowohl im Bereich der Produktion als auch des Absatzes. Großbetriebe sind eher selten bei diesem Typ. Hofeigene Verarbeitung und Direktvermarktung sind integraler Bestandteil des Betriebskonzeptes. Dadurch besteht

Tabelle 2. Typen des Öko-Landbaus in Mecklenburg-Vorpommern

Typ (inkl. Anzahl Betriebe)	Motivation, ökologisch zu wirtschaften	betriebsspezifische Charakteristika (selektive Aspekte)
Idealisten (8)	Verwirklichung ideeller Ziele	Neueinrichter, Einzelunternehmen, relativ geringe Kapitalausstattung, diversifizierte Betriebsstruktur
Pragmatiker (5)	Erhalt des Unter- nehmens (speziell Großbetriebe)	LPG-Nachfolgebetrieb, Großbetrieb (geführt als juristische Person), relativ schlechte finanzielle Ausgangslage (Altschulden), hoher Spezialisierungsgrad
Minimalisten (8)	Existenzgründung bei Kosten- und Risikominimierung	Wiedereinrichter, Einzelunternehmen, geringe Kapitalausstattung, einfache Betriebsstruktur
Experimentier- freudige (5)	Verbindung ideeller Ziele mit Rentabilitätswün- schen	Neueinrichter, Einzelunternehmen, komfortable wirtschaftliche Grundlage, hohe Variabilität der Betriebskonzepte
Marktstrategen (7)	Renditeerwar- tungen in einer „Boombranche“	Neueinrichter, private Großbetriebe, mit hohem Kapitaleinsatz aufgebaut, Landwirtschaft Teilbereich des Gesamtunter- nehmens

Quelle: eigene Erhebung

eine verhältnismäßig enge Verbindung zu den Verbrauchern, die nicht rein „geschäftlicher“ Art ist, sondern oft auch sehr persönlich ist und nicht zuletzt als „Impulsegeber“ für das eigene Tun eine große Rolle spielt. Sie verfügen über ein enges Netzwerk und vielfältige Kontakte innerhalb der ökologischen Land- und Ernährungswirtschaft, wobei sie insbesondere in die „kleine“ Bio-Wertschöpfungskette (geprägt u. a. durch Naturkostfachhandel und Regionalvermarkter) eingebunden sind. Hier haben sie in vielfältiger Hinsicht Pionierarbeit in den ersten Jahren nach der Wiedervereinigung geleistet und wirken auch heute noch gestaltend mit. Neben ihrem ökologischen Bewusstsein und Handeln weisen sie ein hohes soziales Engagement auf, das beispielsweise durch die Kooperation mit Behinderteneinrichtungen zum Ausdruck kommt.

b) Die Pragmatiker

Die Pragmatiker, in aller Regel Leiter von LPG-Nachfolgebetrieben, haben sich zum Ziel gesetzt, die Existenz des Unternehmens zu sichern, nicht zuletzt, um für die Region sehr wichtige Arbeitsplätze zu retten. Zu diesem Zweck „nutzen“ sie gezielt den Öko-Landbau. Meist handelt es sich um Großbetriebe, die im Allgemeinen auf einen Produktionsschwerpunkt wie Mutterkuhbetrieb mit hohem Grünlandanteil spezialisiert sind. Die ökonomische Lage ist wegen der schwierigen Ausgangslage (Übernahme von Altschulden) und des weiterhin zu geringen Einkommens auch zehn Jahre nach der Umstellung meist immer noch unbefriedigend. Die Vermarktung erfolgt im Regelfall über wenige

oder sogar nur einen Weg wie z. B. eine Erzeugergemeinschaft. Es werden jedoch intensiv Möglichkeiten gesucht, neue Absatzwege aufzubauen. Der Absatz über die „große Bio-Wertschöpfungskette“ – deren wesentliche Kennzeichen die Kooperation mit dem konventionellen Lebensmittelhandel und -verarbeitung sind – ist angesichts der großen Produktionsmengen notwendig. Anders als bei den Idealisten bestehen bei den Pragmatikern keine ideologischen Vorbehalte gegenüber dieser Vermarktungsform.

Die Überzeugung, dass Öko-Landbau die nachhaltigere Form der Landbewirtschaftung darstellt, wuchs häufig erst im Lauf der Umstellung, für sie ist allerdings heute eine Rückumstellung nicht mehr vorstellbar. Die Betriebsleiter dieses Typs empfinden eine hohe Verantwortung gegenüber ihrem Umfeld: Als landwirtschaftliche Großbetriebe sind sie häufig die wichtigsten Arbeitgeber im Ort. Die sozialen und beruflichen Netzwerke werden aktiv mitgestaltet und zwar über Verbandsgrenzen hinweg und unabhängig davon, ob „öko“ oder „konventionell“.

#### c) Die Marktstrategen

Für die Marktstrategen, meist aus dem Westen stammende Landwirte und Leiter von Großbetrieben, stellt der Öko-Landbau eine attraktive Marktnische dar. Gezielt wird das positive Image der Bio-Produkte genutzt, um die Rentabilität des Unternehmens sowohl im landwirtschaftlichen als auch im außerlandwirtschaftlichen Bereich (z. B. als Anbieter von „Urlaub auf dem Bauernhof“) zu erhöhen. Professionelles Agieren am Markt und ein verhältnismäßig „lockerer Umgang“ mit den Idealen und Werten des Öko-Landbaus sind Kennzeichen dieses Typs. Die Gestaltungsspielräume dieser Unternehmer sind dabei aufgrund der vergleichsweise guten Kapitalausstattung in Verbindung mit einer hohen Innovationsbereitschaft verhältnismäßig hoch und werden weit über das eigene Unternehmen hinaus intensiv genutzt. So werden beispielsweise betriebsspezifisch oder gemeinsam mit anderen Unternehmen eigene Verarbeitungs- und Vermarktungsstrukturen aufgebaut. Sie haben maßgeblich dazu beigetragen, dass sich eine „große“ Bio-Wertschöpfungskette etablieren konnte. Die Betriebe dieses Typs haben sich auf diese Weise gut am Markt etabliert und sind in aller Regel mit der gegenwärtigen betrieblichen Situation, im Gegensatz zu den meisten ihrer Berufskollegen, verhältnismäßig zufrieden.

#### d) Die Experimentierfreudigen

Die Experimentierfreudigen haben im Regelfall einen Hof oder ein außerlandwirtschaftliches Unternehmen im Westen aufgegeben, um in den neuen Bundesländern den von ihnen lange gehegten Traum von einem Öko-Hof zu verwirklichen. Oft entstanden diese Betriebe nicht gleich nach der Wende, sondern erst Mitte oder Ende der 1990er-Jahre; manche befinden sich noch in Umstellung. Die Betriebsleiter sind sehr überzeugt von den Ideen und Werten des Öko-Landbaus, zeigen jedoch gleichzeitig einen ausgeprägten Geschäftssinn. Ein Landwirt hat diese Haltung mit folgendem Ausdruck auf den Punkt gebracht: „Entweder öko oder gar nicht – aber rentabel muss es sein.“ Außerdem entwickeln sie individuell sehr unterschiedliche Vorstellungen für die Gestaltung des Betriebs und gehen dabei oft ungewöhnliche Wege. Gezielt werden Marktnischen gesucht und neue Märkte erschlossen, wodurch Betriebe mit sehr unterschiedlichen Charakteristika hinsichtlich der Produktion und Vermarktung entstehen. Da die finanzielle Lage meist verhältnismäßig komfortabel ist, sind sie auf einen sofortigen wirtschaftlichen Erfolg nicht so sehr angewiesen und haben dadurch einen hohen Spielraum für Experimente, den sie – ähnlich wie die Marktstrategen – gut zu nutzen wissen. Die Einbindung in die landwirtschaftlichen und regionalen Netzwerke ist bislang verhältnismäßig gering, vor allem, weil sie noch nicht lange in der Region leben. Da es sich um sehr spezielle Betriebstypen handelt, müssen sie überwiegend nach eigenen Wegen suchen und bauen sich hierfür über ideologische und gesellschaftliche Barrieren hinweg betriebsindividuelle Netzwerke



auf. Im Öko-Landbau konzentrieren sie sich dabei auf die Vermarktungsnetze. Insgesamt verfügen sie über ein vielfältiges Beziehungsgeflecht auch außerhalb der Landwirtschaft, zu dem neben den persönlichen Kontakten nicht zuletzt auch Vertreter von Medien und Politik gehören.

#### e) Die Minimalisten

Die Minimalisten haben die Umstellung auf eine ökologische Wirtschaftsweise als Chance gesehen, sich nach der Wiedervereinigung als Wiedereinrichter mit geringen finanziellen Möglichkeiten eine Existenz als eigenständiger Unternehmer aufzubauen. Der Betrieb, in aller Regel auf schlechten Standorten (ertragsschwaches Grünland) gelegen, wurde kontinuierlich in kleinen Schritten entwickelt, was von den Betriebsleitern, die meist ehemalige Mitarbeiter einer LPG sind, oft viel Ausdauer erforderte. Wichtig für die Umstellungsmotivation war für diese Landwirte auch, dass sie mit dem Aufbau des eigenen Betriebs einen nicht unwesentlichen Beitrag zum Erhalt der Kulturlandschaft und zur Entwicklung der Region, in der sie aufgewachsen und verwurzelt sind, leisten. Sowohl bei der Weiterentwicklung des eigenen Betriebs als auch bei über den eigenen Betrieb hinausreichenden Aktivitäten sehen diese Landwirte nicht zuletzt wegen ihrer verhältnismäßig geringen Betriebsgröße und Kapitalausstattung wenig Handlungsspielräume und treten daher eher wenig als Akteure auf, die gestaltend am Markt oder beim Aufbau von Netzwerken mitwirken. Die im Vergleich zu Westdeutschland ohnehin relativ schwach ausgebildeten Netzwerke im Öko-Landbau (z. B. Anbauverband, Beratungsstrukturen, informelle Strukturen etc.) sind wenig auf ihre spezifischen betrieblichen Bedürfnisse zugeschnitten.

Alles in allem zeigt die Typologie die hohe Diversität ökologisch wirtschaftender Betriebe sehr plastisch. Dies weist einerseits auf hohe Potenziale für die Weiterentwicklung des Öko-Landbaus und deren Nutzbarmachung für die Region hin, gleichzeitig lassen sich jedoch vielschichtige Bedürfnisse und auch divergierende Interessen vermuten. Um die vorhandenen Potenziale effektiv nutzen zu können, sind differenzierte Maßnahmen und eine typengerechte Ansprache der Betriebe von Politik und Verwaltung sinnvoll. Gleichzeitig bestätigen die Forschungsergebnisse die eingangs gemachte Aussage, dass in Nord-Ostdeutschland in den vergangenen Jahren ein neuer Typus von Öko-Landbau entstanden ist. Im Vergleich zu dem im Süden und Westen Deutschlands etablierten Öko-Landbau fallen hier die großen strukturellen Unterschiede, eine stärker pragmatische Haltung und das hohe innovative Potenzial auf. Aufgrund der pragmatischeren Haltung ist das Abgrenzungsbedürfnis gegenüber konventionellen Landwirten und anderen gesellschaftlichen Gruppen nicht so stark ausgeprägt wie in anderen Regionen, was die Vernetzung im ländlichen Raum erleichtert. Förderlich für eine nachhaltige Regionalentwicklung dürfte auch das vergleichsweise hohe Innovationspotenzial sein, da die Bereitschaft, sich auf „Neues“ einzulassen, eine wesentliche Voraussetzung für die erfolgreiche Initiierung von Regionalentwicklungsprozessen ist. Einschränkend wirkt dabei jedoch, dass der Typ mit dem höchsten innovativen Potenzial, die Marktstrategen, das vergleichsweise geringste Engagement für die Region zeigt.

## 4 Potenziale des Öko-Landbaus für nachhaltige ländliche Entwicklung

Vor dem Hintergrund der Aktivitäten des Öko-Landbaus in Brandenburg und der Akteurstypen in Mecklenburg-Vorpommern werden in diesem Kapitel die spezifischen Potenziale des Öko-Landbaus für eine nachhaltige Entwicklung ländlicher Räume in Nordostdeutschland herausgearbeitet. Die Aktivitäten werden in Bezug zur Ausgangssituation in den ländlichen Räumen gesetzt und für die vier Aktivitätsfelder einer nachhaltigen

ländlichen Entwicklung peripherer Räume Ostdeutschlands dargestellt. Weiterhin wird aufgezeigt, welche Betriebstypen jeweils dazu beitragen bzw. Potenziale aufweisen, die noch gezielter genutzt werden könnten.

#### a) Die Bedeutung für die regionale Wertschöpfung

Wie dargestellt, spielt der Öko-Landbau als wirtschaftlicher Faktor und als Anbieter von Arbeitsplätzen bei der Lösung ökonomischer Strukturprobleme eine untergeordnete Rolle wegen der insgesamt geringen wirtschaftlichen Bedeutung des Agrarsektors. Gerade in peripheren ländlichen Räumen stellt die Landwirtschaft aber weiterhin einen der relevanten Wirtschaftszweige dar, von dem bei entsprechender Ausgestaltung – zu der insbesondere eine starke regionale Verflechtung und eine Diversifizierung der Betriebsstruktur gehört – auch weitergehende Multiplikator- und Synergie-Effekte ausgehen können (32; 31).

Die Ergebnisse aus Brandenburg zeigen, dass im Öko-Landbau bereits heute ca. 40 % der Betriebe zusätzlich außerhalb des Agrarsektors aktiv sind. Wegen seiner spezifischen Ausgestaltung weist der Öko-Landbau erhebliche Potenziale für verschiedene Diversifizierungsstrategien auf, die noch stärker genutzt werden könnten. Neben den bereits verfolgten Strategien im Bereich der Direktvermarktung, des Tourismus und der Landschaftspflege erscheint insbesondere der Bereich der regenerativen Energieerzeugung zukunfts-trächtig. Aber auch andere Betätigungsfelder wie (Weiter-)Bildungsangebote für Kinder und Erwachsene, die Pflege von betreuungsbedürftigen Personen, Angebote im Bereich Gesundheit und Wellness etc. sind denkbar. Die Diversifizierung landwirtschaftlicher Betriebe wird durch die neue ELER-Verordnung unterstützt. Mit der Diversifizierung landwirtschaftlicher Betriebe geht auch eine Erhöhung der regionalen Wertschöpfung einher, denn die eben genannten Dienstleistungen werden in der Region erbracht.

Der Ausbau von Wertschöpfungsketten in der ökologischen Lebensmittelwirtschaft ist ein weiterer Ansatz, um Einkommen und Arbeitsplätze in ländlichen Räumen zu stabilisieren. Bisher wird der überwiegende Anteil der Bioprodukte, die in Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern erzeugt werden, in andere Regionen vermarktet. Dies gilt auch für die Brandenburger Unternehmen, die sich eigentlich nah am Berliner Markt befinden. Dies hängt zum einen damit zusammen, dass wenige Produkte (wie z. B. Getreide) in solch großen Mengen erzeugt werden, dass sie vom Berliner Markt und den regionalen Bio-Verarbeitungsunternehmen nicht aufgenommen werden können.

Bereits jetzt gibt es in Brandenburg und, wenn auch in wesentlich geringerem Umfang, in Mecklenburg-Vorpommern eine Gruppe von landwirtschaftlichen Betrieben, die stark auf regionale Vermarktung setzen und sich den Anforderungen des Berliner bzw. des Schweriner, Rostocker oder Stralsunder Marktes stellen. Auch die großen überwiegend überregional vermarktenden Betriebe, betreiben z. T. Hofläden und können den Anteil regional vermarkteter Produkte in den nächsten Jahren erhöhen. Das Interesse an regionalen Bio-Produkten ist beispielsweise in Berlin spürbar gestiegen, u. a. weil sie als Differenzierungsstrategie des Bio-Fachhandels eine Rolle spielen. Wie an den vielfältigen Netzwerk-Aktivitäten gezeigt werden kann, besteht auch bei einem Teil der großen, vorwiegend überregional ausgerichteten Betriebe Interesse an dem Aufbau von regionalen Vermarktungsstrukturen als zweitem Standbein. Das steigende Interesse auch von konventionellen Vermarktungsstrukturen an regionalen Bio-Produkten lässt erwarten, dass dieser Bereich in den nächsten Jahren an Bedeutung zunehmen wird.

#### *Akteure und Typen:*

Die Ergebnisse aus Mecklenburg-Vorpommern machen deutlich, welche Betriebstypen für den Ausbau regionaler Wertschöpfungsketten und Diversifizierungsstrategien vorrangig in Frage kommen. Was den Ausbau regionaler Vermarktung angeht, können sich insbeson-

dere die *Idealisten* mit ihrer umfangreichen Erfahrung einbringen. Sie verfügen meist über eine vielfältige Absatzstruktur und sind im Hinblick auf die Erschließung von regionalen Absatzwegen sehr innovativ. Insbesondere in der Anfangszeit des Öko-Landbaus in dieser Region haben sie diesbezüglich wertvolle Pionierarbeit geleistet. Sie könnten nicht nur als Vorbild für andere Landwirte fungieren, sondern aufgrund ihrer Bereitschaft zur Zusammenarbeit innerhalb der Öko-Branche als Impulsgeber für innovative Kooperationsprojekte im Bereich des Regionalmarketing dienen. Weiterhin führt die innerbetriebliche Diversifizierung entlang der Wertschöpfungskette zum kontinuierlichen Ausbau von Verarbeitung und Vermarktung und damit zur Gründung neuer Unternehmen.

Auch die *Marktstrategen* verfügen durch ihr professionelles Marketing über beträchtliche Potenziale für die Ausweitung des regionalen Absatzes. Zwar nutzen sie wegen ihrer Betriebsgröße überwiegend den überregionalen Absatz, streben aber eine Diversifizierung im Bereich der Vermarktung an. Wenn es gelänge, sie für ein verstärktes regionales Engagement zu motivieren, könnten sie als Zugpferde bei der Etablierung neuer Vermarktungsinitiativen wirken. Die Marktstrategen stehen gleichzeitig exemplarisch für eine Diversifizierung durch die Verknüpfung von landwirtschaftlichen und außerlandwirtschaftlichen Aktivitäten. Dazu gehört sowohl die Etablierung von Unternehmensbereichen, die eng mit der Landwirtschaft verbunden sind (wie beispielsweise Verarbeitung landwirtschaftlicher Produkte oder Agrartourismus) als auch solchen, die damit gar nicht in Verbindung stehen (Immobilien oder Industrieproduktion). Auf diese Weise könnten verstärkt außerlandwirtschaftliche Arbeitsplätze geschaffen werden, sofern die hier getätigten Investitionen in der Region erfolgen.

Die *Experimentierfreudigen* sind das Beispiel „par excellence“ für eine innerlandwirtschaftliche Diversifizierungsstrategie. Anders als bei den Idealisten ist hier der Spezialisierungsgrad des Einzelbetriebes zwar verhältnismäßig hoch. Es werden jedoch, um neue Märkte zu erschließen, gezielt sehr spezielle, oft für den Öko-Landbau bisher untypische Produktionsschwerpunkte aufgebaut (beispielsweise Küchenkräuter, seltene Geflügelarten, Topinambur für die Weiterverarbeitung oder Erdbeeranbau in größerem Maßstab). Auf diese Weise können sie als Vorbild für andere Landwirte dienen und insbesondere mit ihrem Ideenreichtum und ihrer Kreativität ermutigend und anregend wirken. Darüber hinaus zeigen die Experimentierfreudigen, dass Existenzgründungen innerhalb der Landwirtschaft auch heute noch möglich sind.

Sowohl die Experimentierfreudigen als auch die Marktstrategen sind aufgrund ihrer strategischen Ausrichtung, ihrer Erfahrungen mit außerlandwirtschaftlichen Aktivitäten und der Einbindung in außerlandwirtschaftliche Netzwerke für Diversifizierungsansätze sehr gut geeignet. Allerdings stellt die Landwirtschaft für sie nur eine von mehreren Optionen dar.

#### b) Stabilisierung sozialer Ressourcen und Vernetzung

Die Betriebe des Öko-Landbaus verfügen über vielfältige Anknüpfungspunkte für die Vernetzung mit Akteuren aus der Landwirtschaft, dem Naturschutz, Tourismus, der Regionalvermarktung, dem Ernährungs- und Gesundheitsbereich. An den einzelbetrieblichen Aktivitäten wird das lokale und regionale Engagement in Vereinen sehr deutlich. In der Literatur wird zum einen die Bedeutung des in solchen Netzwerken entstehenden Sozialkapitals für ländliche Entwicklung ganz allgemein und für wirtschaftliche Entwicklungsprozesse betont (24, S. 65). Zum anderen wird hervorgehoben, dass die Initiierung und weitere Entwicklung solcher Netzwerke immer stark von einzelnen Persönlichkeiten abhängt, die die Fähigkeiten zur Integration unterschiedlicher Interessen aufweisen (60; 23). Die Begleitstudien zum Modellvorhaben Regionen aktiv verweisen darauf, dass es in Ostdeutschland häufig an funktionsfähigen Organisationen neben der Officialverwaltung fehlt und soziale Bewegungen nur in geringem Ausmaß vorhanden sind (33, S. 25).

Andere Studien betonen, dass gerade in peripheren Regionen Ostdeutschlands endogene, kleinräumige Bildung von sozialem Kapital eine relevante Handlungs- und Gestaltungsoption darstellt (64, S. 86 ff). Hier erscheint die Bildung von Sozialkapital daher als eine relevante Handlungs- und Gestaltungsoption. Wie die Erfahrungen von Regionen aktiv zeigen, ist es besonders wichtig, die kleinen und mittleren Unternehmen im ländlichen Raum in derartige Netzwerke einzubinden (33, S. 34). Einige Betriebe des Öko-Landbaus sind wegen ihrer Multifunktionalität als Ansprechpartner für derartige Kooperationen gut geeignet. Das z. T. sehr umfangreiche lokale und regionale Engagement einzelner Öko-Betriebe sollte allerdings nicht darüber hinwegtäuschen, dass der Öko-Landbau in Ostdeutschland bislang eine geringere gesellschaftspolitische Unterstützung erfährt als in Süddeutschland.

#### *Akteure und Typen:*

Die Typologisierung der Betriebe in Mecklenburg-Vorpommern gibt Hinweise darauf, welche Unternehmertypen sich für regionale Vernetzungsprozesse eignen und wie ihre jeweiligen Interessen gezielt unterstützt werden könnten sowohl im Sinne einer nachhaltigen Regionalentwicklung als auch für die Stärkung des Öko-Landbaus. Zunächst scheinen die *Pragmatiker* besonders geeignet, weil sie sehr gut in der Region verankert sind. Sie sind sich ihrer gesellschaftlichen Verantwortung als „Gestalter der Kulturlandschaft“ und häufig größter Arbeitgeber im Ort sehr bewusst und handeln entsprechend. Sie wirken ohne „ideologische Scheuklappen“ sehr aktiv beim Aufbau lokaler Bündnisse unter Beteiligung der verschiedensten Personen und gesellschaftlichen Gruppen (Umwelt-, Verbraucher-, Bauernverband etc.) mit. Auf diese Weise leisten sie nicht nur einen wertvollen Beitrag zur Überbrückung der nach wie vor vorhandenen Gräben beispielsweise zwischen Landwirten und Umweltschützern oder ökologisch und konventionell wirtschaftenden Landwirten. Darüber hinaus beteiligen sie sich auch an der Entwicklung neuartiger, an die spezifischen Bedürfnisse der jeweiligen Region angepasster Netzwerkstrukturen, die unter Umständen sogar Vorbildcharakter für andere Regionen haben könnten.

Auch die *Marktstrategen* tragen zur Stärkung regionaler Netzwerke bei, wenn auch aus einer etwas anderen Motivation heraus als die Pragmatiker. Sie sind häufig in örtlichen Vereinen aktiv und hier ebenso wie auf der Ebene des Anbauverbands Biopark in aller Regel recht einflussreich, da oft als Funktionär tätig. In dieser Funktion stärken sie wiederum die Vereine und Anbauverbände, nicht zuletzt wegen ihrer Lobbyarbeit bei Politik und Behörden. In ihrer Funktion als Vorstand oder Vereinsvorsitzender sind sie wichtige Ansprechpartner, haben dabei jedoch immer auch die unternehmerischen Interessen im Blick.

Die *Minimalisten* verfügen zwar über ein eher geringes Potenzial, um Vernetzungsprozesse selbst zu initiieren, da sie die vorhandenen Kapazitäten darauf konzentrieren müssen, die Existenz des Betriebes zu sichern. Jedoch zeigen sie eine starke Verbundenheit mit ihrem Betrieb und identifizieren sich mit ihrer Region. Sie stellen daher einen stabilisierenden Faktor dar und könnten sicherlich motiviert werden, sich in Regionalinitiativen zu engagieren.

#### c) Beitrag zum Natur-, Umwelt- und Landschaftsschutz

Mit ihrer Entscheidung, ökologischen Landbau zu betreiben, haben die Unternehmen sich größtenteils ganz bewusst für eine Wirtschaftsweise entschieden, die nicht ausschließlich an der Maximierung von Erträgen orientiert ist, aber auch rentabel sein soll. Wie im Kapitel 3 dargestellt, engagiert sich ein Teil der Betriebe über die Einhaltung der Richtlinien hinaus in dem Bereich Umwelt- und Naturschutz. Das gilt auch für einen Teil der Betriebe, die sehr große Flächen bewirtschaften und daher mit besonderen Herausforderungen konfrontiert sind. Das zusätzliche Engagement erhöht die Glaubwürdigkeit der Betriebe und

kann auch zur Profilierung dienen. Durch die Pflege oder Anlage von Landschaftselementen wird die Attraktivität der Kulturlandschaft erhöht und Biodiversität erhalten. Gleichzeitig entstehen Synergien mit anderen Feldern wie Tourismus und Umweltbildung. Beispiele sind Betriebe, die Naturpfade angelegt haben oder die mit Seminargruppen versuchen, sich mit der Landschaftsveränderung durch landwirtschaftliche Betriebe auseinanderzusetzen. In diesem Bereich ergeben sich oft Kooperationen mit anderen Organisationen im ländlichen Raum wie Umweltverbänden oder Großschutzgebieten. Beispielsweise hat ein Brandenburger Bio-Hof in Kooperation mit einem Naturpark den ersten Ökoflächenpool in den neuen Bundesländern initiiert. Anstelle vieler kleiner Ausgleichsmaßnahmen werden hier großflächig Naturschutzmaßnahmen verwirklicht. Dem Betrieb gelingt es, dieses zusätzliche ökologische Engagement mit einem touristischen Angebot (Ferienhäuser, Fahrradtouren, Reiten, Umweltbildungsseminare) zu verbinden.

#### *Akteure und Typen:*

Insbesondere für die *Idealisten*, die sich am Leitbild vom „Wirtschaften im Einklang mit der Natur“ orientieren, bedeutet Öko-Landbau natürliche Prozesse (z. B. Förderung der Bodenfruchtbarkeit) zu unterstützen. Für sie heißt dies beispielsweise, die hohen Standards der Öko-Anbauverbände in der eigenen betrieblichen Praxis einzuhalten und sich auf Verbandsebene für deren Erhalt und Weiterentwicklung einzusetzen – beispielsweise im Bereich der Sorten- und Rassenwahl.

Die *Pragmatiker* weisen – auch wenn der Name dies zunächst nicht vermuten lässt – eine hohe Sensibilität für ökologische Zusammenhänge und Umweltthemen generell auf. Dies geht mit einem entsprechenden Engagement, beispielsweise für regenerative Energien oder den Erhalt der biologischen Vielfalt einher, und ist Bestandteil ihrer „persönlichen Nachhaltigkeitsstrategie“. Ihre pragmatische Haltung gegenüber der ökologischen Wirtschaftsweise führt zwar dazu, dass die Anbaurichtlinien hin und wieder als „zu eng“ und „realitätsfern“ bewertet werden. In der Praxis zeigt sich jedoch, dass sie häufig neue Verfahren – beispielsweise im Bereich der artgerechten Tierhaltung (unter anderem Freilandhaltung von Muttersauen) entwickeln und erproben. Ebenso wie die *Minimalisten* sind sie oft diejenigen, die auf schlechten Grünlandstandorten wirtschaften und mit dem Erhalt des Betriebes dafür sorgen, dass diese Flächen nicht aus der landwirtschaftlichen Produktion fallen, sondern umweltverträglich genutzt werden.

#### d) Kommunikation von nachhaltigen Lebens- und Wirtschaftsstilen

Öko-Landbaubetriebe sind Pioniere nachhaltigen Wirtschaftens und deswegen sehr gut geeignet, um dem lokalen und regionalen Umfeld, aber auch den Kund(inn)en ein anschauliches Bild davon zu vermitteln, wie Wirtschaftsformen aussehen können, die ökologische, soziale und ökonomische Ziele gleichermaßen verfolgen. Neben der Motivation, Informationen über den ökologischen Landbau und gesunde Ernährung zu verbreiten, ist es für die Unternehmen auch aus ökonomischen Gründen sinnvoll, die besondere Qualität und die höheren Preise von Bio-Produkten zu erklären. Aktivitäten der Informations- und Wissensvermittlung erfüllen damit immer den doppelten Zweck von Marketing auf der einen und Aufklärung über den gesellschaftlichen Zusatznutzen auf der anderen Seite.

Eine Stärke der Unternehmen besteht darin, dass eine Vielfalt von Vermittlungs- und Erlebnisformen genutzt wird, um breitere Bevölkerungskreise zu erreichen (11). Mit der Herstellung einer Verbindung zwischen den Öko-Produkten und der Region wird nicht nur ein Beitrag zur besseren gesellschaftlichen Verankerung des Öko-Landbaus, sondern auch zur Festigung der Stadt-Land-Verbindungen zwischen Berlin und dem Umland sowie zur Stärkung der regionalen Identität geleistet. Gerade in Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg besteht vor dem Hintergrund der tief greifenden gesellschaftlichen Umbrüche nach der Wiedervereinigung in dieser Hinsicht ein großer Bedarf.

*Akteure und Typen:*

In Mecklenburg-Vorpommern pflegen die *Idealisten* im Regelfall einen intensiven Kontakt zu den Verbrauchern, der nicht nur ökonomisch motiviert ist. Häufig entwickelten sich hier persönliche Beziehungen, die einen wertvollen Beitrag zur Informationsvermittlung über Landwirtschaft und Ernährung und zur regionalen Vernetzung leisten. Diese Betriebsleiter sind im Allgemeinen sehr darum bemüht, Wissen über den ideellen Hintergrund des ökologischen Landbaus und die besondere Qualität der Produkte zu vermitteln. Sie stellen damit ein wichtiges Bindeglied zwischen den Landwirten und den Kunden dar und schaffen Transparenz und Vertrauen. Da sie häufig Direktvermarktung betreiben, prägen sie das Bild des Öko-Landbaus in der Öffentlichkeit maßgeblich mit.

Eine ebenso wichtige Rolle für die Kommunikation können die *Experimentierfreudigen* spielen. Sie sind sehr überzeugt und engagiert für die Idee des Öko-Landbaus, agieren dabei gleichzeitig sehr professionell und probieren immer wieder Neues aus. In aller Regel sind sie sehr kommunikativ und pflegen intensiv ihre vielfältigen außerlandwirtschaftlichen Kontakte. Sie sind daher in beiden „Welten“ – der landwirtschaftlichen und der außerlandwirtschaftlichen – zu Hause. Die Landwirte dieses Typs könnten daher eine Art „Brückenfunktion“ bei der Vermittlung von gegenseitigen Wünschen, Vorstellungen und Bedürfnissen haben. Aufgrund der intensiven Kontaktpflege zu Politik und Medien könnten sie – genauso wie die *Marktstrategen* – bei einer entsprechenden Einbindung in Regionalentwicklungsprojekte eine wichtige Funktion als „Lobbyisten“ für eine nachhaltige Entwicklung einnehmen.

## **5 Strategische Nutzung der Potenziale durch die ökologische Land- und Ernährungswirtschaft selbst und die Politik**

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass Öko-Betriebe zwar bereits gesellschaftlich wertvolle Leistungen erbringen, dass aber noch erhebliches Potenzial brach liegt, insbesondere bei den nicht-ökonomischen Leistungen, die im gesellschaftlichen Diskurs weniger wahrgenommen und daher auch nicht systematisch genutzt und unterstützt werden. Dies ist zunächst eine Aufgabe für die ökologische Land- und Ernährungswirtschaft selbst, die vor dem Hintergrund einer nachhaltigen ländlichen Entwicklung ausloten sollte, wo sich neue Chancen bieten. Die günstigen Bedingungen eines rasch wachsenden Marktes erleichtern sowohl dem gesamten Wirtschaftszweig als auch den einzelnen Bio-Betrieben die notwendigen Umstellungen. Der Bio-Sektor sollte das günstige Zeitfenster nutzen.

Gleichzeitig sollte der Wirtschaftszweig die Neuausrichtung der Politik dazu nutzen, den Beitrag des Öko-Landbaus für die Region verstärkt gegenüber den Kund(inn)en und der Politik zu kommunizieren. Die Verbindung aus „bio“ und „regional“ kann sicherlich dazu beitragen, dass mehr Konsument(inn)en als bisher den Zugang zu ökologisch erzeugten Produkten finden. Darüber hinaus sollten die Verbände ihr Profil in dieser Richtung schärfen, um als Ansprechpartner für Vorhaben der Regionalentwicklung stärker wahrgenommen zu werden. Dabei sollte der integrative Charakter des Öko-Landbaus in den Mittelpunkt gestellt werden. Gleichzeitig sollten sie von sich aus offensiver auf potenzielle Partner für Regionalentwicklungsprojekte außerhalb der Öko-Branche zugehen. Eine nicht unwesentliche Herausforderung besteht dabei sicherlich darin, die jeweils geeigneten Kommunikationsformen zu entwickeln.

Die Betriebstypen machen deutlich, dass es nicht *den* Öko-Landbau oder *die* Öko-Landwirte gibt. Für die Positionierung einzelner Unternehmen im Feld der ländlichen Entwicklung ist die Betriebstypologie daher ein nützliches Instrument. Um als Wirtschaftszweig insgesamt auftreten zu können, ist jedoch eine Verständigung über Leitbilder und Organisationsformen hilfreich und notwendig. Gleichzeitig kann die vorhandene Diversi-

tät als Chance begriffen und offensiv nach außen vertreten werden. Die Typologie kann jedoch auch – etwa im Sinne einer Stärken-Schwächen-Analyse – wertvolle Impulse für die Weiterentwicklung des eigenen Selbstverständnisses und der brancheninternen Strukturen geben. Der ökologische Landbau allein verfügt jedoch nicht über ausreichende Ressourcen und verfolgt auch nicht als vorrangiges Ziel eine nachhaltige ländliche Entwicklung. Diesbezüglich ist in erster Linie die Politik gefordert.

Eine „neue“ Politik für den ländlichen Raum steht vor der Herausforderung, mehr und neue Akteursgruppen anzusprechen und einzubinden als die bisher üblichen Anspruchsgruppen, die überwiegend aus dem Agrarsektor stammen. Umgekehrt kann es nicht darum gehen, Politik für den ländlichen Raum an den landwirtschaftlichen Akteuren vorbei zu betreiben. Wichtig ist vielmehr, dass durch multisektorale Ansätze verschiedene Wirtschafts- und Sozialpartner im ländlichen Raum durch *eine* Politikstrategie adressiert werden. Anreizstrukturen und Förderprogramme müssen so gestaltet werden, dass sie für landwirtschaftliche und andere Akteure gleichermaßen offen sind und einen Wettbewerb um Ideen und Handlungsansätze (Projekte, Betriebe) animieren.<sup>4)</sup> Betriebe des Öko-Landbaus sind, wie für Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern gezeigt wurde, in der Lage, in sehr unterschiedlichen ökonomischen, ökologischen und sozialen Bereichen aktiv zu werden und bilden damit einen höchst interessanten Adressaten der Politik.

Damit die Akteure im ländlichen Raum nicht neben- und gegeneinander handeln und damit sie ihre Initiativen an den lokalen Bedürfnissen und endogenen Potenzialen ausrichten (können), ist eine Regionalisierung der Politik-Ansätze sinnvoll beispielsweise durch regionale Entwicklungskonzepte, Integrierte Ländliche Entwicklung (ILE), Regionalmanagement oder den LEADER-Ansatz. Hierbei kommt Politik eine bündelnde und koordinierende Funktion zu, die weit über eine finanzielle Förderung hinausreicht und z. B. die Ansprache und Motivation der Akteure sowie die Initiierung und das Management von Netzwerken einschließt. Damit sie die vorhandenen Ressourcen für eine nachhaltige Entwicklung peripherer Regionen (Nord-)Ostdeutschlands optimal nutzen kann, muss sie klären, welche Aktivitäten unterstützt, welche Akteure adressiert und wie infolge dessen Förder- und Unterstützungsmaßnahmen konkret ausgestaltet werden sollen.

Der Öko-Landbau ist in Nordostdeutschland nur einer von mehreren möglichen Akteuren im ländlichen Raum. An dieser landwirtschaftlichen Akteursgruppe kann aber gut verdeutlicht werden, wie eine Öffnung über den Agrarsektor hinaus ausgestaltet werden kann. Der Öko-Landbau weist Verbindungen zur Lebensmittelwirtschaft, zu anderen Wirtschaftsfeldern wie Tourismus oder regenerative Energien, zu Netzwerken wie Großschutzgebieten und LEADER-Gruppen, zu Akteuren des Umwelt- und Naturschutzes sowie zu Bewohner(inne)n und Konsument(inn)en auf. Die besonderen gesellschaftlichen Leistungen beruhen auf der Kopplung von umweltfreundlicher Wirtschaftsweise, ethischer Motivation und der Anforderung, die Besonderheiten ökologischer Produkte zu kommunizieren. Daher ist es einerseits sinnvoll, die Förderung ökologischer Landwirtschaft im Rahmen von Agrarumweltmaßnahmen fortzuführen, weil es sich dabei um eine gesellschaftlich erwünschte Leistung handelt, die über den Markt nicht ausreichend honoriert wird. Sie dient unter den gegebenen EU-Agrarmarkt-Bedingungen als eine ökonomische Absicherung, durch die die weiteren Leistungen oft erst möglich werden. Hierbei handelt es sich aber, entgegen der oben formulierten Anforderungen an die ländliche Entwicklungspolitik, um eine Pauschalförderung.

Deshalb sollten andererseits entsprechend des regionsspezifischen Handlungsbedarfs einzelne Aktivitäten, die wichtige Impulse für ländliche Räume in Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern geben können, politisch gezielt unterstützt werden – wobei hier nicht immer finanzielle Fördermaßnahmen gemeint sind. Sinnvoll erscheinen dabei:

- Der Ausbau regionaler Wertschöpfungsketten in der Öko-Lebensmittelwirtschaft, die rasch durch den Rost von Agrar- und Wirtschaftsförderung fallen. Bei dieser stärkeren

regionalen Integration haben die ostdeutschen Bio-Unternehmen noch Nachholbedarf, weisen aber eine gewisse Dynamik auf, an die sich anknüpfen lässt (48).

- Die Unterstützung und gegebenenfalls Initiierung von Netzwerken für eine nachhaltige ländliche Entwicklung und zur sozialen und kulturellen Stabilisierung (z. B. LEADER-Gruppen, Großschutzgebiete, Gentechnikfreie Regionen, Gemeinschaftsnutzungseinrichtungen) sowie die gezielte Beteiligung von Öko-Landwirten an ihnen (12, S. 50). Hierbei kann an Erfahrungen aus dem Modellvorhaben Regionen aktiv angeknüpft werden.
- Die öffentliche Anerkennung der Leistungen der ökologischen Land- und Ernährungswirtschaft, wodurch die gesellschaftliche Akzeptanz und auch der Konsum von Bio-Lebensmitteln in Ostdeutschland wachsen. Hierbei sollte der integrative Charakter des Öko-Landbaus für die Entwicklung ländlicher Räume in den Mittelpunkt gestellt werden.
- Der Ausbau von Stadt-Land-Brücken. Hier kann die ökologische Land- und Ernährungswirtschaft eine Rolle als Vermittlerin zwischen Stadt und Land einnehmen. Sie kommt mit ihren Produkten in die Stadt und kann dort die Neugier für ländliche Räume wecken. Für die Region Berlin-Brandenburg eröffnen sich hiermit bisher z. B. ungenutzte Chancen, weil komplementäre Stärken wie Kulturleben und Angebotsvielfalt in der Stadt mit Naturschönheit, Erholung und regionalen Qualitätslebensmitteln auf dem Land zusammengeführt werden können.

Diese Punkte lassen sich nicht durch eine Pauschalförderung bewerkstelligen, sondern müssen regions- und akteurspezifisch entwickelt und umgesetzt werden. Mittels der Betriebstypologie lassen sich geeignete Ansprechpartner im Öko-Landbau für die unterschiedlichen Zwecke verhältnismäßig rasch identifizieren, ansprechen und einbinden. Wenn Politik und Bio-Branche parallel – oder besser noch: gemeinsam – die hier skizzierten Chancen aufgreifen, dann können daraus wichtige Impulse für periphere ländliche Räume in Ostdeutschland hervorgehen.

### Zusammenfassung

Die peripheren ländlichen Räume Ostdeutschlands stehen aufgrund der mangelnden Vielfalt ökonomischer Strukturen und damit verbundener Abwanderung vor großen Herausforderungen. Entgegen diesen Entwicklungstrends hat sich der ökologische Landbau in den neuen Bundesländern seit der Wiedervereinigung sehr dynamisch entwickelt. Auf der Basis von zwei Untersuchungen in Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern wird dargestellt, welche Potenziale dieser Wirtschaftszweig für eine nachhaltige Entwicklung ländlicher Räume aufweist. Von dem Projekt „Regionaler Wohlstand neu betrachtet“ liegen Ergebnisse dazu vor, welche sozialen, ökologischen und kulturellen Leistungen die Betriebe der Produktion, Verarbeitung und Vermarktung von Bio-Produkten erbringen. Das Projekt „Von der Agrarwende zur Konsumwende“ hat sich einer intensiveren Betrachtung der Akteure, ihrer Motive und Strategien gewidmet und eine Typologie der landwirtschaftlichen Öko-Betriebe vorgelegt. Basierend auf diesen Ergebnissen können Schlussfolgerungen gezogen werden, welche Rolle der Öko-Landbau für die weitere Entwicklung peripherer Gebiete spielen kann und wie die vorhandenen Potenziale durch Politik und Verwaltung, aber auch von dem Wirtschaftszweig selber ausgeschöpft werden können.

### Summary

*Organic agriculture as a driving force for rural development – The example of Brandenburg and Mecklenburg-Vorpommern in Germany*

Since their poor economic perspectives lead to migration and gradual reduction of infrastructure, rural areas in East Germany are confronted with enormous challenges. In contrast to these general trends in rural areas, organic agriculture has spread very dynamically in East Germany after reunification. The article shows the potential of organic agriculture for supporting a sustainable development of rural areas based on the results of two research projects. The project “Regional wealth reconsidered” has analysed the ecological, social and cultural impacts of organic production,



processing and trading enterprises. The project “The turn-around in German agrarian policy: New forms of food consumption?” has dealt with the motivation and the strategies of organic farmers and developed a typology of organic farms. Referring to these results, conclusions are drawn concerning (a) the role organic agriculture can play in the development of remote rural areas and (b) how existing potentials can be realized more effectively, both with the support of politics and administration and through efforts of the organic sector itself.

### Résumé

#### *L'agriculture biologique comme moteur du développement rural – montré à l'exemple des régions allemandes du Brandebourg et du Mecklembourg-Poméranie occidentale*

Les espaces ruraux éloignés dans l'Est de l'Allemagne sont confrontés à de grands défis à cause du manque de diversité de leurs structures économiques et l'exode lié à cette situation. Contrairement à cette tendance, l'agriculture biologique a connu une croissance dynamique dans les nouveaux Länder depuis la réunification allemande. Deux études menées au Brandebourg et au Mecklembourg-Poméranie occidentale montrent les possibilités offertes par ce secteur économique pour un développement durable des espaces ruraux. Le projet «Nouveaux points de vue sur la prospérité régionale» analyse les prestations sociales, écologiques et culturelles réalisées par les entreprises actives dans la production, le traitement ou la commercialisation de produits biologiques. Dans le cadre du projet «De la réorientation de l'agriculture à la réorientation de la consommation» les acteurs, leurs motivations et leurs stratégies sont étudiés plus en détail et une typologie des exploitations de l'agriculture biologique est présentée. Les résultats obtenus permettent de tirer des conclusions sur le rôle de l'agriculture biologique pour le développement futur des régions rurales éloignées et sur la manière par laquelle les potentiels présents peuvent être utilisés par la politique et l'administration mais aussi par le secteur économique lui-même.

### Literatur

1. AM MV, Ministerium für Arbeit, Bau und Landesentwicklung Mecklenburg-Vorpommern, 2005: Bevölkerungsentwicklung in den Kreisen bis 2020. Raumentwicklung in Mecklenburg-Vorpommern. Informationsreihe der Obersten Landesplanungsbehörde Nr. 11, 12 / 2005.
2. BACHINGER, J., 2002: Ökolandbau in Nordostdeutschland, Hrsg. Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft. In: Forschungs-Report (1/2002), S. 30–33.
3. BAETZING, W., 2001: Verschwindet der ländliche Raum? Perspektiven nach 2001. In: PRO REGIO 26–27, S. 5–11.
4. BALMANN, A.; MOOSBURGER, A.; ODENING, M., 2001: Beschäftigungswirkungen der Umstrukturierung der ostdeutschen Landwirtschaft. Berlin: Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Fachgebiete an der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin (Working Paper der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften an der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin; Nr. 23/01).
5. Berliner Debatte INITIAL, 2006: Zur Lage in Ostdeutschland. In: Berliner Debatte INITIAL 17 (5/2006), S. 1–96.
6. BLOCH, R.; KRIEGER, A.-E.; PALME, ST.; SCHLEPPHORST, R.; SCHMIDT, R., 2005: Ökologischer Landbau als Beitrag zu einer nachhaltigen Landschaftsentwicklung – am Beispiel des Biosphärenreservates Schorfheide-Chorin (Brandenburg). In: Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftsökologie 39 (4/2005), S. 157–164.
7. BMELV, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, 2006: So haben ländliche Räume Zukunft. Regionen Aktiv: Ergebnisse 2002–2005 und Neuer Ansatz bis 2007, Bonn
8. BMVBW, Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen; BBR, Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, 2004: Infrastrukturentwicklung und Finanzierung von Biolandbau, -verarbeitung und -vermarktung in den neuen Ländern. Projektbericht vorgelegt von fx Institut für zukunftsfähiges Wirtschaften e.V., Frieder Rock. Berlin: BMVBW.
9. BNN, Herstellung und Handel e.V., 2003: Trendbericht – Die Naturkostbranche zwischen BSE und Nitrofen. Zahlen und Fakten 2002. Köln: BNN.
10. BNN, Herstellung und Handel e.V., 2004: Trendbericht. Wachstumsmarkt Naturkost. Zahlen und Fakten 2003. Köln: BNN.
11. BOECKMANN, T., 2007: Bio-Betriebe als Lernorte. In: SCHÄFER, MARTINA, 2007: Zukunftsfähiger Wohlstand. Der Beitrag der ökologischen Land- und Ernährungswirtschaft zu Lebensqualität und nachhaltiger Entwicklung. Marburg: Metropolis-Verlag.

12. BONAS, I.; BÜTTNER, T.; LEEB, A.; PIEK, M.; SCHUMACHER, U.; SCHWARZ, C.; TISCH, A., 2006: Gemeinschaftsnutzungsstrategien für eine nachhaltige lokale Entwicklung. München: oekom Verlag.
13. BRAND, K.-W., 2006a: Die neue Dynamik des Bio-Markts. Ergebnisband 1, München: oekom Verlag
14. BRAND, K.-W., 2006b: Von der Agrarwende zur Konsumwende? Ergebnisband 2, München: oekom Verlag.
15. BRAUN, G., 2004. Eine Innovationsstrategie für Mecklenburg-Vorpommern. In: Institut für Umweltgeschichte und Regionalentwicklung e.V.: Perspektiven der Regionalentwicklung in Mecklenburg-Vorpommern. Berlin.
16. BRENDLE, U., 1999: Musterlösungen im Naturschutz. Politische Bausteine für erfolgreiches Handeln. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.
17. BRYDEN, J.; HART, K., 2004: A New Approach to Rural Development in Europe. Germany, Greece, Scotland, and Sweden. Lewiston, N.Y. etc.: Edwin Mellen Press (Mellen Studies in Geography; 9).
18. BUCK, H. F., 1999: Umwelt- und Bodenbelastungen durch eine ökologisch nicht abgesicherte industriemäßig organisierte Tier- und Pflanzenproduktion. In: KUHRT, E.; BUCK, H. F.; HOLZWEISSIG, G.: Am Ende des realen Sozialismus: Beiträge zu einer Bestandsaufnahme der DDR-Wirklichkeit in den 80er Jahren. Bd. 4; Die Endzeit der DDR-Wirtschaft. Analysen zur Wirtschafts-, Sozial- und Umweltpolitik. Opladen: Leske + Budrich, S. 425–449.
19. EBERLE, U.; HAYN, D.; REHAAG, R.; SIMSHÄUSER, U., 2006: Ernährungswende. Eine Herausforderung für Politik, Unternehmen und Gesellschaft. München: Ökom Verlag.
20. ENGEL, A.; ULMER, H.; KANTELHARDT, J., 2006: Viele Wege zur Agrarwende. Ausweitung und Differenzierung des ökologischen Landbaus in Mecklenburg-Vorpommern und Bayern. In: BRAND, KARL-WERNER, 2006: Die neue Dynamik des Bio-Markts. Folgen der Agrarwende im Bereich Landwirtschaft, Verarbeitung, Handel, Konsum und Ernährungskommunikation. 1. München: oekom (Ergebnisse Sozial-ökologischer Forschung; 4), S. 16–67.
21. FORSTNER, B., 2001: Zukunftsfähigkeit der ostdeutschen Landwirtschaft – Betriebsstrukturen. In: Agrarsoziale Gesellschaft e.V., ASG: Landwirtschaft in Ostdeutschland – stabile Strukturen oder mitten im Umbruch? Göttingen: ASG (Schriftenreihe für ländliche Sozialfragen; 137), S. 32–66.
22. –; ISERMEYER, F., 2000: Transformation of Agriculture in East Germany. In: TANGERMANN, STEFAN: Agriculture in Germany. Frankfurt a. M.: DLG Verlag, S. 61–90.
23. FÜRST, D.; LAHNER, M.; POLLERMANN, K., 2005: Regionale Governance bei Gemeinschaftsgütern des Ressourcenschutzes: das Beispiel Biosphärenreservate. In: Raumforschung und Raumordnung 5 (2005), S. 330–339.
24. –; SCHUBERT, H., 2001: Regionale Akteursnetzwerke zwischen Bindungen und Optionen. Über die informelle Infrastruktur des Handlungssystems bei der Selbstorganisation von Regionen. In: Geographische Zeitschrift, 89. Jg. 2001, Heft 1, S. 32–51.
25. GANZERT, C., 2006: Fördermittel sind nicht alles. Antriebe und Hemmnisse für regionales Engagement. In: AgrarBündnis: Landwirtschaft 2006. Der kritische Agrarbericht. Rheda-Wiedenbrück/Hamm: ABL Bauernblatt Verlags GmbH, S. 159–165.
26. GERKE, J., 2003: Zur Transformation der Landwirtschaft in Ostdeutschland. Eine Zwischenbilanz. In: AgrarBündnis: Landwirtschaft 2003. Der kritische Agrarbericht. Rheda-Wiedenbrück/Hamm: ABL Bauernblatt Verlags GmbH, S. 54–57.
27. GOLNICK, H.; HOWITZ, H., 2004: Anmerkungen zur Lage der Landwirtschaft in den neuen Bundesländern. In: Berichte über Landwirtschaft, Bd. 82, Heft 3/2004, S. 391–427.
28. HAGEDORN, K.; LASCHEWSKI, L., 2004: Institutionelle Erfolgsfaktoren einer Ausdehnung des Ökologischen Landbaus – Analyse anhand von Regionen mit einem besonders hohen Anteil an ökologisch bewirtschafteter Fläche. Forschungsbericht. Bonn: Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau, Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE).
29. HOFER, K.; STALDER, U., 2003. Regionale Produktorganisationen als Transformatoren des Bedürfnisfeldes Ernährung in Richtung Nachhaltigkeit? Potenziale – Effekte – Strategien. Bern.
30. KEIM, K.-D., 2002: Periphere Gebiete in Brandenburg – abhängig und unabhängig von Berlin. In: ZÖPEL, CHRISTOPH: Brandenburg 2025 in der Mitte Europas. Bd. 1. o. O.: Verein Forum Zukunft Brandenburg, S. 203–218.
31. KNICKEL, K., 2004: Ökolandbau und Regionalentwicklung – auf die Schnittstellen kommt es an. In: KULLMANN, A.: Ökologischer Landbau und nachhaltige Regionalentwicklung. Strategien, Erfolge, Probleme, Handlungs- und Forschungsbedarf. Bericht zur IfLS-Tagung am 11. März 2004 in Frankfurt/Main. Frankfurt: IfLS, S. 10–27.
32. –; RENTING, H., 2000: Methodological and Conceptual Issues in the Study of Multifunctionality and Rural Development. In: Sociologia Ruralis 40 (4/2000), S. 512–528.
33. –; SIEBERT, R.; GANZERT, C.; DOSCH, A.; PETER, S.; DERICHS, S., 2004: Wissenschaftliche Begleitforschung des Pilotprojektes „Regionen Aktiv – Land gestaltet Zukunft“. Ergebnisse der Begleitforschung 2002–2003 - Abschlussbericht. Frankfurt a. M., Müncheberg, München: IfLS, ZALF, TUM.

34. KÖPKE, U., 2002: Umweltleistungen des Ökologischen Landbaus. In: *Ökologie & Landbau* 122 (2/2002), S. 6–18.
35. KRAFT, M., 1995: Arbeitsmarkt auf dem Lande. Bestandsaufnahme und Perspektiven für den ländlichen Raum in den neuen Bundesländern. In: e.V., *Agrarsoziale Gesellschaft: Dorf- und Regionalentwicklung in den neuen Bundesländern – Beiträge aus der Praxis. Dokumentation einer Seminarreihe zur Situation der Dorferwicklung in den neuen Bundesländern*. Göttingen: Agrar-soziale Gesellschaft (ASG Kleine Reihe; 54), S. 23–34.
36. KÜSTER, K., 2001: Verkannte Konflikte. Wie ist es zu den heutigen Betriebsstrukturen in den neuen Bundesländern gekommen? In: *AgrarBündnis: Landwirtschaft 2001 – Der kritische Agrarbericht*. Kassel u. a.: ABL Bauernblatt, S. 75–84.
37. LAND, R., 2003: Ostdeutschland – fragmentierte Entwicklung. In: *Berliner Debatte INITIAL* 14 (6/2003), S. 76–95.
38. –, WILLISCH, A., 2002: Unternehmen und Gemeinden im ländlichen Raum. Von der Agrarsoziologie zur Soziologie der ländlichen Gesellschaft. In: *Berliner Debatte INITIAL* 13 (1/2002), S. 97–109.
39. –, 2000: Von der LPG zur Agrarfabrik. Ein Literaturbericht. In: *Berliner Debatte INITIAL* 11 (5–6/2000), S. 204–218.
40. LASCHEWSKI, L.; SIEBERT, R., 2001: Effiziente Agrarwirtschaft und arme ländliche Ökonomie? Über gesellschaftliche und wirtschaftliche Folgen des Agrarstrukturwandels in Ostdeutschland. In: *Berliner Debatte INITIAL* 12 (6/2001), S. 31–42.
41. LEHMBRUCH, G.; MAYER, J., 1998: Kollektivwirtschaften im Anpassungsprozess: Der Agrarsektor. In: CZADA, R.; LEHMBRUCH, G.: *Transformationspfade in Ostdeutschland. Beiträge zur sektoralen Vereinigungspolitik*. Frankfurt a. M.: Campus (Schriften des Max-Planck-Instituts für Gesellschaftsforschung, Köln; 32), S. 333–364.
42. MANN, S., 2004: Die Entsedelung ländlicher Räume und das Agrarsystem. In: *Berliner Debatte INITIAL* 15 (2/2004), S. 86–95.
43. MELFF, Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten, Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, 2006: *Agrarbericht des Landes Mecklenburg-Vorpommern, Berichtsjahr 2005*, Schwerin.
44. MLUR, Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg, 2004: *Agrarbericht 2004 zur Land- und Ernährungswirtschaft des Landes Brandenburg*.
45. MLUV, Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg, 2006: *Agrarbericht 2006 zur Land- und Ernährungswirtschaft des Landes Brandenburg*. Potsdam: MLUV.
46. NÖLTING, B., 2006: Die Politik der Europäischen Union für den ländlichen Raum. Die ELER-Verordnung, nachhaltige ländliche Entwicklung und die ökologische Land- und Ernährungswirtschaft. Berlin: Zentrum Technik und Gesellschaft der TU Berlin (ZTG discussion paper; 23/06).
47. –, BOECKMANN, T., 2005: Struktur der ökologischen Land- und Ernährungswirtschaft in Berlin und Brandenburg – Anknüpfungspunkte für eine nachhaltige Regionalentwicklung. Berlin: Zentrum Technik und Gesellschaft der TU Berlin (ZTG discussion paper; 18/05).
48. –, SCHÄFER, M., 2006: Bio für den Aufbau Ost. Dynamische Bio-Branche in den neuen Bundesländern. In: *Ökologie & Landbau* 34 (137; 1/2006), S. 38–40.
49. –, 2007: Vom Acker auf den Teller. Impulse der Agrar- und Ernährungsforschung für eine nachhaltige Entwicklung. München: oekom Verlag (Ergebnisse Sozial-ökologischer Forschung; 8).
50. –, SCHUMACHER, U., 2006: Visionen auf dem Boden der Tatsachen. Das Konzept nachhaltiger Entwicklung in der ostdeutschen Bewährungsprobe. In: *Berliner Debatte INITIAL* 17 (1/2-2006), S. 167–180.
51. OECD, 2006: *Das neue Paradigma für den ländlichen Raum. Politik und Governance*. Paris: OECD (OECD-Berichte über die Politik für den ländlichen Raum).
52. PUGLIESE, P., 2001: Organic Farming and Sustainable Rural Development: A Multifaceted and Promising Convergence. *Sociologia Ruralis* 41 (1), S. 112–130.
53. RAHMANN, G.; NIEBERG, H.; DRENGEMANN, S.; FENNEKER, A.; MARCH, S.; ZUREK, C., 2004: Bundesweite Erhebung und Analyse der verbreiteten Produktionsverfahren, der realisierten Vermarktungswege und der wirtschaftlichen sowie sozialen Lage ökologisch wirtschaftender Betriebe und Aufbau eines bundesweiten Praxis-Forschungs-Netzes. Braunschweig: Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) (Landbauforschung Völknerode; Sonderheft 276).
54. RÖSCH, C.; HEINCKE, M., 2001: Ernährung und Landwirtschaft. In: GRUNWALD, A.; COENEN, R.; NITSCH, J.; SYDOW, A.; WIEDEMANN, P.: *Forschungswerkstatt Nachhaltigkeit*. Berlin: edition sigma (Global zukunftsfähige Entwicklung - Perspektiven für Deutschland; 2), S. 241–263.
55. SCHÄFER, M., 2007: *Zukunftsfähiger Wohlstand. Der Beitrag der ökologischen Land- und Ernährungswirtschaft zu Lebensqualität und nachhaltiger Entwicklung*. Marburg: Metropolis-Verlag.
56. –, ILLGE, L., 2006: Analyzing Sustainable Wealth – the societal contributions of a regional industrial sector. In: ESTES, RICHARD J.: *Advancing Quality of Life in a Turbulent World*. Dordrecht: Springer.

57. –; NÖLTING, B.; ILLGE, L., 2003: Zukunftsfähiger Wohlstand. Analyserahmen zur Evaluation nachhaltiger Wohlfahrtseffekte einer regionalen Branche. Unter Mitarbeit von BOECKMANN, T. und BARANEK, E. [<http://www.regionalerwohlstand.de> (discussion paper des Zentrum Technik und Gesellschaft (ZTG) der TU Berlin; 10/03)].
58. SCHAUMANN, W.; SIEBENEICHER, G. E.; LÜNZER, I., 2002: Geschichte des ökologischen Landbaus. SÖL-Sonderausgabe Nr. 65.
59. SCHRADER, H.; HACHMÖLLER, G.; KOCH, B.; MASUREK, L., 2004: Germany. In: BRYDEN, J.; HART, K.: A New Approach to Rural Development in Europe. Germany, Greece, Scotland, and Sweden. Lewiston, N. Y. etc.: Edwin Mellen Press (Mellen Studies in Geography; 9), S. 93–150.
60. SEGERT, A.; ZIERKE, I., 2004: Ländliche Netzwerke. Institutionalisierungsprozesse und Milieuformation. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
61. STOKSTAD, E., 2002: Organic Farms Reap Many Benefits. In: Science 296 (31 May 2002), S. 1589.
62. STOLZE, M., 1998: Organisationsformen ostdeutscher landwirtschaftlicher Großbetriebe nach der Umstellung auf ökologischen Landbau. Bergen u.a.: AgriMedia (agribusiness & food; 2).
63. –; PIORR, A.; HÄRING, A.; DABBERT, S., 2000: The Environmental Impacts of Organic Farming in Europe. Stuttgart: Universität Hohenheim (Organic farming in Europe: Economics and policy; 6).
64. THOMAS, M.; WODERICH, R., 2006: Regionale Disparitäten und endogene Bildung neuen Sozialkapitals. In: Berliner Debatte INITIAL 17 (5/2006), S. 77–89.
65. WESTLUND, H.; FORSBERG, A.; HÖCKERTIN, C., 2002: Social Capital and Local Development in Swedish Rural Districts (Paper for the 42nd Congress of the European Regional Science Association, August 27.–31.2002, Dortmund). [<http://www.ersa.org/ersaconfs/ersa02/cd-rom/papers/245.pdf>].
66. WIEGAND, S., 1994: Landwirtschaft in den neuen Bundesländern. Struktur, Probleme und zukünftige Entwicklung. Kiel: Vauk.
67. Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, 2006, Weiterentwicklung der Politik für die ländlichen Räume. Empfehlungen des Wissenschaftlichen Beirats für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz in: Berichte über Landwirtschaft Bd. 84, Heft 3/2006.
68. ZMP, Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle für Erzeugnisse der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft, 2004: Entwicklung eines Konzepts zur Quantifizierung der Nachfragestruktur und -entwicklung nach ökologisch erzeugten Produkten in Deutschland, unter Einbeziehung vorhandener Panel-Daten. Bearbeitet von MICHELS, P.; SCHMANKE, A.; RIPPIN, M. Bundesprogramm Ökologischer Landbau; Abschlussbericht. Bonn: ZMP.

### Fußnoten

- <sup>1)</sup> Das Projekt „Regionaler Wohlstand neu betrachtet“ wird in Kooperation vom Zentrum Technik und Gesellschaft der TU Berlin und dem Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung Berlin bearbeitet. Es wird von 2002 bis 2007 im Rahmen des Förderschwerpunkts Sozial-ökologische Forschung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert. Neben landwirtschaftlichen Betrieben wurden auch Unternehmen der Bio-Verarbeitung und des Handels untersucht. Weitere Informationen unter <http://www.regionalerwohlstand.de> und in SCHÄFER, M. (55).
- <sup>2)</sup> Das Forschungsvorhaben „Von der Agrarwende zur Konsumwende? Eine Untersuchung der Effekte der Agrarwende für die Verbreitung nachhaltiger Ernährungsmuster entlang der Akteurskette vom Produzenten bis zum Konsumenten“ war ein interdisziplinäres Projekt mit Beteiligung von fünf Forschungseinrichtungen und unter Leitung der Münchner Projektgruppe für Sozialforschung e.V. Es wurde von 2002–2006 im Rahmen der Sozial-ökologischen Forschung vom BMBF gefördert. Die hier dargestellten Ergebnisse wurden gemeinsam mit HARALD ULMER und Dr. JOCHEN KANTELHARDT erarbeitet. Ausführlichere Darstellungen der Projektergebnisse in Brand (13; 14).
- <sup>3)</sup> Diese Zahlen sind jedoch statistisch leicht verzerrt, weil zur DDR-Zeit alle Arbeitsplätze (auch im Baugewerbe oder Maschinenbau) in den LPG dem landwirtschaftlichen Sektor zugeschlagen wurden.
- <sup>4)</sup> Auch wenn die ELER-Verordnung sich über den Agrarsektor hinaus öffnet, so sind die politischen Rahmenbedingungen für die praktische Umsetzung doch sehr restriktiv. Zum einen wurden die Mittel für die zweite Säule auf der EU- und Bundesebene teilweise drastisch gekürzt. Zum anderen bleibt die Gemeinschaftsaufgabe zur Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes praktisch auf den Agrarsektor beschränkt (46, S. 43–44).

*Autorenanschrift:* Prof. Dr. Dr. MARTINA SCHÄFER und Dr. BENJAMIN NÖLTING, Zentrum Technik und Gesellschaft der TU Berlin, Hardenbergstr. 36A, 10623 Berlin, Deutschland  
Dipl.-Ing. agr. ASTRID ENGEL, Münchner Projektgruppe für Sozialforschung (MPS)  
e.V., Dachauerstr. 189, 80637 München, Deutschland  
schaefer@ztg.tu-berlin.de und noelting@ztg.tu-berlin.de  
astrid.engel@sozialforschung.org

# **Ökonomische und umweltrelevante Potenziale der Herstellung und Nutzung von Polymilchsäure aus nachwachsenden Rohstoffen als Ersatz für Kunststoffe aus petrochemischer Herstellung**

VON ANDREAS MEYER-AURICH, JOACHIM VENUS, Potsdam und OLIVIER JOLLIET, Ann Arbor

## **1 Einleitung**

Die rasante Entwicklung der Biotechnologie in den letzten Jahrzehnten ermöglicht es, deutlich kostengünstiger als in der Vergangenheit aus stärke- oder zuckerhaltigen Ausgangsmaterialien Milchsäure herzustellen. Aus Milchsäure lassen sich aus einer Reihe von organischen Chemikalien Kunststoffe herstellen, denen in absehbarer Zukunft ein großes Marktpotenzial zugeschrieben wird (5; 13; 38). Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen werden in Analogie zur Bioenergie auch Biokunststoffe genannt. Durch Polymerisation von Milchsäure zu Polymilchsäure (Polylactat, PLA) lassen sich beispielsweise Folien, Formteile und Fasern herstellen (60). Polymilchsäure ist in der reinen Form biologisch abbaubar, was den daraus hergestellten Kunststoffen für bestimmte Verwendungen einen Verkaufsvorteil bieten kann. Weiterhin lassen sich auch nicht biologisch abbaubare Kunststoffe aus Milchsäure herstellen.

Da der Ausgangsstoff zur Herstellung von Biokunststoffen nicht fossilen Ursprungs ist, wird im Allgemeinen davon ausgegangen, dass durch die Nutzung von Biokunststoffen der Verbrauch fossiler Rohstoffe eingeschränkt wird und positive Umweltwirkungen zu erwarten sind. Es hat sich allerdings gezeigt, dass dies nicht notwendiger Weise der Fall ist, sondern unter anderem davon abhängt, wie viel fossile Rohstoffe zur Herstellung des nachwachsenden Rohstoffes und zur Verarbeitung zum Endprodukt verbraucht werden. Beispielsweise berechnet GERNGROSS für die Herstellung von Bioplastik aus Mais einen gegenüber Polystyrol leicht höheren Bedarf an fossiler Energie (22). KURDIKAR et al. zeigen, dass die Herstellung von Bioplastik mit gentechnisch verändertem Mais keine Reduzierung von Treibhausgasemissionen im Vergleich zur Herstellung von Polyethylen liefert (29). Andere Studien zeigen allerdings deutlich geringere Verbräuche an fossilen Ressourcen und geringere Emissionen von Treibhausgasen bei der Herstellung von Bioplastik im Vergleich zur Herstellung von petrochemischen Kunststoffen (2; 59). Die genauere Analyse der Studien zeigt, dass die umweltrelevanten Vorteile in erster Linie von der Wahl des biotechnologischen Verfahrens, der Wahl des nachwachsenden Rohstoffes und Annahmen bezüglich des Bewertungsvorgangs abhängen.

Als Rohstoffe für die Milchsäureherstellung werden in Deutschland verschiedene Stärke oder Zucker liefernde Kulturpflanzen diskutiert. Die Nutzung von Roggen als nachwachsenden Rohstoff ist insbesondere seit dem Wegfall der Intervention von großer Bedeutung. In Brandenburg hat sich der Anbau von Energieroggen von 0 ha im Jahr 2003 auf 33 000 ha im Jahr 2005 gesteigert (36, S. 60). Insbesondere durch die Inbetriebnahme von neuen Bioethanolanlagen in Sachsen-Anhalt und Brandenburg entstand in den letzten Jahren eine stark zunehmende Nachfrage nach Getreide. Allein die Anlagen in Zörbig und Zeitz schufen in den letzten Jahren eine zusätzliche Nachfrage nach Getreide in Höhe von

rd. 840 000 t pro Jahr, was in etwa der Menge entspricht, die jährlich von den in Brandenburg mit Roggen angebauten Flächen geerntet wird (20).

Neben der energetischen Nutzung von Roggen bietet sich die stoffliche Nutzung von Roggen an. Die technischen Grundlagen zur Konversion von Roggenstärke zu Milchsäure werden seit Jahren intensiv erforscht (50; 52). Im Jahr 2006 ist eine Pilotanlage zur Herstellung von Milchsäure am Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim in Betrieb genommen worden, in der effiziente Verfahren der Fermentation erprobt werden.

Die Wirtschaftlichkeit der Herstellung von Milchsäure aus Roggen ist in erster Linie abhängig von den Rohstoffkosten und den Kosten des Konversionsprozesses bzw. der Reinigung des Endproduktes. Innovative biotechnologische Verfahren der Fermentation und der Reinigung der Milchsäure haben in den letzten Jahren dazu geführt, dass die Herstellung von Milchsäure wesentlich kostengünstiger erfolgen kann als in der Vergangenheit.

Es stellt sich daher die Frage, inwiefern die Nutzung landwirtschaftlicher Rohstoffe zur Herstellung von Polymilchsäure wirtschaftlich tragfähig ist und welche umweltrelevanten Vorteile damit verbunden sind. Erweiterte Kenntnisse über die umweltrelevanten Wirkungen des Ersatzes von petrochemiebasierten Kunststoffen mit biobasierten Kunststoffen sind für Konsumenten und Politiker wichtig, um effiziente Politiken zur Förderung der Produktion und Nutzung von Kunststoffen aus nachwachsenden Rohstoffen abzuleiten oder den Konsumenten den Zusatznutzen von Kunststoffen aus nachwachsenden Rohstoffen zu verdeutlichen. Dieser Beitrag soll das zur Verfügung stehende Wissen über die umweltrelevanten Potenziale der Nutzung nachwachsender Rohstoffe für die Herstellung von Polymilchsäure zusammenfassen und Schlussfolgerungen für effiziente Politiken daraus ableiten.

## **2 Methodik zur Abschätzung von Umweltentlastungspotenzialen durch die Nutzung von Kunststoffen aus nachwachsenden Rohstoffen**

Für die Abschätzung von Umweltentlastungspotenzialen durch die Nutzung von Kunststoffen aus nachwachsenden Rohstoffen bieten sich Ökobilanzierungen oder Lebenszyklusanalysen an, die die Umweltwirkungen der Herstellung des Kunststoffes, des Gebrauchs und der Entsorgung (von der Wiege bis zur Bahre) berücksichtigen. Die Prinzipien, Bestandteile und Vorgehensweisen bei der Erstellung von Ökobilanzen sind in der EN ISO 14040 und folgenden Normen standardisiert (17). Danach besteht eine Ökobilanz aus Festlegungen über das Ziel der Ökobilanz, den Untersuchungsrahmen, die Sachbilanz, Wirkungsbilanz und Auswertung der Ergebnisse.

Mit der Festlegung des Untersuchungsrahmens werden die Ziele der Studie, berücksichtigte Umweltwirkungskategorien, die Bezugsgröße und Annahmen zu den Bewertungsvorgängen dargelegt. Bei der Beurteilung von Umweltwirkungen durch die Herstellung, Nutzung und Entsorgung von Kunststoffen aus nachwachsenden Rohstoffen wird in aller Regel ein Vergleich zu Kunststoffen aus petrochemischen Kunststoffen angestrebt, um das Entlastungspotenzial durch den möglichen Ersatz von Kunststoffen aus petrochemischer Herstellung zu dokumentieren. Es muss dabei beachtet werden, dass viele Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen andere Eigenschaften aufweisen als Kunststoffe aus petrochemischer Herstellung.

Die Bezugsgröße einer Ökobilanz bezeichnet man als funktionelle Einheit. Sie ist im Allgemeinen eng mit der Nutzung des zu untersuchenden Produktes und der Zielstellung der Studie verknüpft. Alle Emissionen werden auf diese Größe bezogen. Für Kunststoffe kann die funktionelle Einheit beispielsweise ein Trinkbecher sein, der sowohl auf petrochemischer als auch auf der Basis biogener Rohstoffe hergestellt werden kann. Vielfach wird als funktionelle Einheit allerdings die Masse des Kunststoffes gewählt. Bei der In-

terpretation der Ergebnisse muss dann beachtet werden, dass beispielsweise ein Trinkbecher aus Biokunststoffen ein anderes Gewicht haben kann als einer aus petrochemischer Herstellung.

Die Festlegung der Systemgrenzen innerhalb derer bilanziert werden soll, ist wichtig, um nachvollziehen zu können, welche Vorketten berücksichtigt wurden und ob die Entsorgung des Produkts in die Bilanz einbezogen wurde. Vielfach wird für den Vergleich von Kunststoffen nur bis zum Fabrikator bilanziert. In diesem Fall wird vereinfachend davon ausgegangen, dass der Vertrieb, die Nutzung und die Entsorgung für die zu vergleichenden Produkte gleich sind. Weiterhin ist bei der Beurteilung der Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen zur Herstellung von Bioplastik wichtig, eine Referenznutzung für die landwirtschaftlichen Flächen zu benennen, die bei der Nutzung des petrochemisch hergestellten Vergleichsproduktes nicht benötigt werden. Häufig wird dabei davon ausgegangen, dass die Referenznutzung eine Flächenstilllegung ist, da insbesondere vor der Förderung des Anbaus nachwachsender Rohstoffe dies die Nutzung gewesen wäre, wenn keine nachwachsenden Rohstoffe angebaut worden wären. Mittlerweile hat sich der Anbau nachwachsender Rohstoffe allerdings oft über die Mindeststilllegungsflächen hinaus ausgedehnt, sodass für diese Flächen auch andere Nutzungsszenarien denkbar wären. Natürlich ist auch die energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe als mögliche Referenznutzung anzusehen. Welche Referenznutzung zu wählen ist, hängt von der Zielstellung der Untersuchung und den gegebenen Handlungsoptionen für den Landwirt ab.

Eng verbunden mit den Systemgrenzen ist die Festlegung von Allokations- und Gutschriftverfahren. Bei Bilanzierungen von landwirtschaftlichen Produkten ist insbesondere zu klären, inwiefern durch anfallende Kuppelprodukte Emissionen vermieden werden können, wenn diese die Herstellung anderer Produkte mit deren Emissionen ersetzt. Gutschriften werden vielfach bei der Müllverbrennung angesetzt, wenn ein Teil der freiwerdenden Energie als elektrischer Strom genutzt wird. Teilweise werden auch Gutschriften aufgrund der Kohlenstofffestlegung im Boden beim Anbau nachwachsender Rohstoffe angerechnet (vgl. 30).

Zur Festlegung des Untersuchungsrahmens gehört weiterhin die Benennung der Umweltwirkungsbereiche, die untersucht werden sollen. Dies hängt wiederum stark von der Zielstellung der Studie ab. Beim Vergleich von Kunststoffen aus verschiedenen Rohstoffen sind der Verbrauch fossiler Energie und die Emission klimarelevanter Gase wichtige Bewertungskriterien. Die Vorteilhaftigkeit der Nutzung nachwachsender Rohstoffe gegenüber Rohstoffen auf der Basis von Erdöl sollte für diese beiden Kriterien sicherzustellen sein, da diese Umweltwirkungen entscheidende Argumente für viele Politiken zur Förderung des Anbaues nachwachsender Rohstoffe darstellen. Es ist bekannt, dass die Nutzung nachwachsender Rohstoffe oft zu einer stärkeren Eutrophierung der Ökosysteme führt und das Versauerungspotenzial größer ist.

Die Bilanzierungen einer Ökobilanz werden in einer Sachbilanz zusammengestellt, aus der die Wirkungsabschätzung abgeleitet werden. Alle Annahmen, Untersuchungsrahmen, Sachbilanz, Wirkungsabschätzung und die Auswertung werden in einem Bericht zusammengestellt, der nach EN ISO Norm einer externen kritischen Prüfung unterzogen werden soll.



### **3 Verfahrensschritte zur Produktion von Kunststoffen aus Polymilchsäure**

Der Gesamtprozess zur Herstellung von Kunststoffen aus Polymilchsäure umfasst Verfahren zur Herstellung und Vorbehandlung der Rohstoffe, Verfahren zur Milchsäurefermentation, Verfahren der Polymerisierung und der Kunststoffherstellung. Als Rohstoffe zur Herstellung von Milchsäure werden sowohl fossile als auch biogene Rohstoffe eingesetzt. Der Einsatz von fossilen Rohstoffen zur Herstellung von Milchsäure ist allerdings auf ein sehr kleines Marktsegment begrenzt und soll bei dieser Betrachtung ausgeschlossen werden.

#### **3.1 Rohstoffe zur Herstellung von Milchsäure**

Als Rohstoffe zur Herstellung von Milchsäure eignen sich stärke- und zuckerhaltige Substrate, die im Allgemeinen aus der landwirtschaftlichen Produktion stammen. Als landwirtschaftliche Rohstoffe zur Herstellung von Milchsäure wurden Stärkehydrolysate aus Mais oder Gerste (33; 44), Cassava (65), Weizen (1), Roggen (21; 52), Kartoffeln (66) und Sago (43) auf ihre Eignung als Fermentationssubstrate für die Milchsäureherstellung untersucht. Stärkehydrolysate aus Getreide eignen sich grundsätzlich sehr gut für die Verwendung in Fermentationsprozessen, da ein Stärkegehalt von ca. 60 % in ganzjährig verfügbaren Rohstoffen vorliegt, der mittels enzymatischer Hydrolyse sehr gut in leicht verwertbare Zucker umgesetzt werden kann. In den vergangenen Jahren wurden neue Milchsäureverfahren bestehend aus enzymatischer Hydrolyse von Stärke (3; 37) und Cellulose (35; 63), des eigentlichen Fermentationsprozesses (8; 31; 46; 51) sowie der Milchsäureabtrennung und -reinigung (4; 6; 18; 24) entwickelt.

Aufgrund des hohen Anteils der Rohstoffkosten an den Gesamtproduktionskosten gewinnt der Einsatz von Reststoffen (25; 32; 49) und Nebenprodukten der landwirtschaftlichen Produktion (55; 56) zunehmend an Bedeutung. Hierbei sind jedoch Aspekte ggf. zusätzlich erforderlicher Vorbehandlungsschritte (z. B. nicht ausschließlich enzymatische Hydrolyse von lignocellulosehaltigen Substraten), mögliche unerwünschte Verunreinigungen (z. B. Schwermetalle in Siedlungsabfällen oder Altpapier), nicht oder schwer verwertbare Inhaltsstoffe (z. B. Pentosen) sowie teils schwankende bzw. verhältnismäßig niedrige Konzentrationen dieser Materialien zu berücksichtigen (26). Angesichts des sehr hohen Anfalls lignocellulosehaltiger Substrate in der Land- und Forstwirtschaft besteht – nicht nur für die Milchsäurefermentation – ein Interesse an deren stofflicher Verwendungsfähigkeit (57). Während Cellulose und Hemicellulose nach entsprechender Vorbehandlung einem enzymatischen Aufschluss zu den jeweiligen Zuckern zugänglich sind, bleibt für Lignin meist nur die energetische Verwertung. Die weitere Umsetzung der Zucker kann u. a. zu Milchsäure erfolgen, wenn geeignete Mikroorganismen zur Verfügung stehen. Aufgrund dieser Schwierigkeiten basieren bisher alle industriellen Verfahren in Europa zur Herstellung von Milchsäure auf agrarischen Rohstoffen (26).

#### **3.2 Fermentation zur Milchsäure und Abtrennung**

Die meisten bekannten Verfahren zur fermentativen Erzeugung von Milchsäure werden diskontinuierlich unter Verwendung standardisierter Substrate wie Glucose, mineralischer Nährsalze und verschiedenster Stickstoff-Quellen durchgeführt. Die kommerzielle Herstellung von Milchsäure beschränkt sich weltweit auf die Unternehmen NatureWorks LLC (früher Cargill) und Archer Daniels Midland (beide USA), Purac (Niederlande), Galactico (Belgien) sowie einige chinesische Hersteller. Die Verfahren arbeiten überwiegend dis-

kontinuierlich mit Kalkmilch als Neutralisationsmittel, bei denen große Mengen an Gips anfallen.

Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiet der Milchsäuregärung, insbesondere unter dem Aspekt der Herstellung von biologisch abbaubaren Polylactiden, sind im internationalen Maßstab in sehr starkem Maße auf die Nutzung verschiedener Kohlenstoff- und Stickstoffquellen bei Einsatz neuer, verbesserter Produktionsstämme (41), die Entwicklung neuer, kontinuierlicher Hochleistungs-Fermentationstechnologien (31; 42) sowie die Verbesserung der gesamten Produktaufarbeitung (23) ausgerichtet. Seit Jahrzehnten wird an effizienteren Verfahren zur Herstellung von Milchsäure gearbeitet (10; 62), da in Abhängigkeit von deren Weiterverarbeitung (z. B. zu PLA), insbesondere die Abtrennung von Verunreinigungen, ein entscheidender Prozessschritt ist (19). Die Elektrodialyse zur Milchsäureabtrennung ist beispielsweise ein viel versprechendes Verfahren, was sich bisher allerdings noch nicht kommerziell durchgesetzt hat (9, S. 27). Insgesamt muss beim Einsatz komplexer natürlicher Rohstoffe abgewogen werden, inwieweit die damit beabsichtigte Substitution definierter, z. T. sehr teurer Substrate durch eventuelle Mehraufwendungen bei der Produktreinigung zu rechtfertigen ist.

Unter Berücksichtigung der wesentlichen Einflussfaktoren bei der Milchsäurefermentation (geeigneter Produktionsstamm, C- und N-Quelle, pH-Wert, Temperatur, Immobilisierung und Zellrückführung, Verfahrensführung, Kontaminationen, Produktreinheit, Down-stream) sind weitere Fortschritte bei der Entwicklung leistungsfähiger Verfahren grundsätzlich durch die Optimierung aller genannten Parameter bzw. Prozessschritte möglich (26). Während die Milchsäurefermentation auf Basis von Glucose sehr gut entwickelt und effizient durchführbar ist, stellt die Nutzung von Pentosen derzeit ein noch wenig erschlossenes Rohstoffpotenzial dar. Zur Überwindung dieser bestehenden Hürden gibt es Anstrengungen, um mittels genetisch modifizierter Mikroorganismen verschiedenste Substrate (Zucker) bei höheren Erträgen und Produktivitäten umzusetzen (27; 47; 54).

### 3.3 Polymerisierung und Kunststoffherstellung

Polylactide sind Polyester, die aus Molekülketten von gegenseitig veresterten Milchsäuremolekülen bestehen. Die relative Molekülmasse liegt zwischen 40 000 und 300 000 und das Verhältnis der beiden Milchsäure-Isomere L(+)-Milchsäure/ D(-)-Milchsäure kann im Bereich von 0 bis 1 liegen. Weitere Variationsmöglichkeiten ergeben sich dadurch, dass neben Milchsäure auch andere Hydroxycarbonsäuren, wie z. B. Glycolsäure in die Polymermoleküle eingebaut werden. Bei diesen Copolymeren hängt der Kristallinitätsgrad nicht nur vom Enantiomerenverhältnis der beiden Milchsäuren, sondern auch vom Anteil der beiden Ausgangsmoномерen ab.

Grundsätzlich sind zwei Synthesewege zur Herstellung von Polylactiden mit jeweils zwei Varianten bekannt. Es handelt sich um die Ringöffnungspolymerisation von Dilactid als klassisches Verfahren und als Aminiumlactat-Verfahren (28) sowie die Polykondensation von Milchsäure mit Wasserabtrennung durch Azeotropdestillation unter Zuhilfenahme eines Schlepptomittels bzw. mit Reaktionsführung in der Schmelze.

Die Polykondensation scheint vorerst hinsichtlich der erreichbaren Polymer-Molekülmasse (20 000 bis 30 000) begrenzt zu sein. Es gibt aber Überlegungen, höhere Molmassen durch Einbeziehung von klassischen Kettenverlängerungsoperationen zu erzielen. Offensichtlich sind die in diesem Zusammenhang an das Ausgangsprodukt Milchsäure zu stellenden Reinheitsanforderungen zu hoch und stehen im Widerspruch zu den ökonomisch vertretbaren technischen Möglichkeiten der Milchsäurereinigung. Ein weiterer Nachteil besteht in der Notwendigkeit eines Lösungsmittels (z. B. Benzol), welches bei Fehlen einer entsprechenden Verwendungsmöglichkeit entsorgt werden müsste.

Der gegenwärtig am besten beherrschbare Syntheseweg führt über die Ringöffnungspolymerisation. Der klassische Weg beinhaltet drei Reaktionsschritte:

- die thermische Dehydratisierung von Milchsäure im Vakuum zu Oligolactiden,
- die katalytische Spaltung der Oligolactide unter Ringbildung zum Dilactid und
- die katalytische Ringöffnungspolymerisation von Dilactid in Polylactid.

Der Vorteil der Ringöffnungspolymerisation unter Verwendung von Metallkatalysatoren (z. B. Zinn, Zink, Aluminium) liegt in der relativ guten Beherrschbarkeit des Mechanismus selbst sowie der Beeinflussung der künftigen Polymereigenschaften (42).

## **4 Veröffentlichte Studien zu Umweltwirkungen des Ersatzes von petrochemischen Kunststoffen durch PLA**

### **4.1 Verfügbare Informationen über Emissionsinventare zur Herstellung von PLA**

Während Emissionsinventare für petrochemisch hergestellte Kunststoffe weitgehend verfügbar sind (7), sind die Abschätzungen zu Umweltwirkungen der Herstellung von PLA mit vergleichbar hohen Unsicherheiten verbunden. VINK et al. (59; 61) haben Lebenszyklusanalysen für das von NatureWorks LLC hergestellte PLA erstellt und Ökobilanzen von externen Institutionen durchführen lassen (12; 58). Allerdings sind die detaillierten Emissionsinventare, die Auskunft über Emissionen verschiedener Teilbereiche der Produktion geben würden, nicht veröffentlicht. Lediglich für den Verbrauch fossiler Energien ist eine Aufschlüsselung des Energieeinsatzes nach Milchsäurefermentation, Polymerisierung, Transport und Maisherstellung verfügbar (59, S. 412). In Abb. 1 ist der Energieeinsatz verschiedener Prozessschritte zur Herstellung von Polymilchsäure auf der Basis der Produktionsbedingungen des Werkes Blair im Jahr 2003 dargestellt (59). Demnach setzt sich der Bruttoprümaenergiebedarf zur Herstellung von PLA von Natureworks im Jahr 2003 aus folgenden Komponenten zusammen:

- Energie des Rohstoffs Mais (28,4 MJ pro kg PLA). Diese berechnet sich aus der Verbrennungsenergie der für die Herstellung benötigten Maiskörner bei einer Feuchte von 15,5 % (59).
- Energieeinsatz durch landwirtschaftliche Inputs in das System [4,9 MJ pro kg PLA] (59). Dieser Energieeinsatz umfasst Energie zur Herstellung von Düngern und Pflanzenschutzmitteln, Verbrauch von elektrischer und fossiler Energie im landwirtschaftlichen Betrieb zur Herstellung des Rohstoffs Mais. Keine Berücksichtigung findet die Energie zur Herstellung der benutzten Maschinen im landwirtschaftlichen Betrieb, da deren Anteil am Gesamtenergieeinsatz sehr gering sind (59, S.410).
- Der Großteil des Energieeinsatzes (ca. 50 MJ) wird für die Konversion der Stärke zu Dextrose, der Milchsäurefermentation und der Polymerisierung benötigt (59).

Für die Emission von treibhausrelevanten Gasen sind aus VINK et al. 2003 lediglich die Gesamtemissionen in der Höhe von 1,8 kg CO<sub>2</sub> eq.<sup>1)</sup> pro kg Polymer zu entnehmen (59). Unter Verweis auf die Sensitivität der Daten sind der Veröffentlichung von VINK et al. keine weitergehenden Informationen über die Emission der Teilprozesse und über die Anrechnung von Gutschriften zu entnehmen. Allerdings lassen sich indirekt aus den Energieverbräuchen der Teilprozesse grob Rückschlüsse auf Bruttoemissionen der Teilprozesse ziehen. Insbesondere für die Verarbeitung des Rohstoffs Mais, die Fermentation und die Polymerisation kann davon ausgegangen werden, dass die auftretenden treibhausrelevanten Emissionen in erster Linie energiebedingt sind. Unter der Annahme, dass pro MJ eingesetzte Primärenergie 50 bis 100 g CO<sub>2</sub> eq. (vgl. 45, S. 346) emittiert werden, kann davon ausgegangen werden, dass alleine für die Verarbeitung des Rohstoffs Mais bis zum

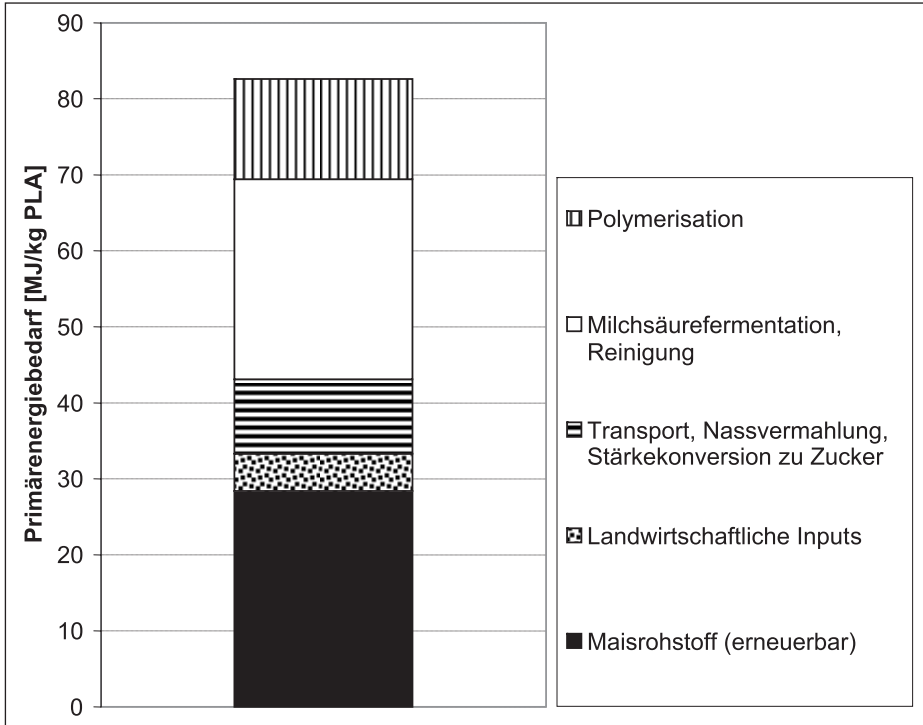


Abb. 1. Primärenergiebedarf zur Herstellung des von NatureWorks LLC hergestellten PLA (Stand 2003)  
Quelle: (59)

Polymer 2,5 bis 5 kg CO<sub>2</sub> eq. pro kg Polymer Bruttoemissionen auftreten. Abgesehen von den durch die Landwirtschaft verursachten Emissionen muss ein beträchtlicher Teil dieser Emissionen durch Gutschriften für die Nebenprodukte kompensiert werden, um die Nettoemissionen unter 2 kg CO<sub>2</sub> pro kg Polymer zu halten. Aus den veröffentlichten Inventaren kann der Beitrag verschiedener Prozesse an der Emission treibhausrelevanter Gase nicht weiter aufgeschlüsselt werden. Auch zu der Art und Weise, wie Emissionen aus der Landwirtschaft angerechnet werden, sind nur wenige Informationen verfügbar. Dennoch lassen sich einige Annahmen aus der Studie von DETZEL und KRÜGER zum Maisanbau für die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen entnehmen (12). Demnach wurden die Annahmen auf der Basis einer Betriebsbefragung mit Ergänzungen durch Wissen aus der Literatur durchgeführt. Die Allokation der Emissionen erfolgt ohne nähere Spezifizierung<sup>2)</sup> auf der Basis des Verhältnisses des wirtschaftlichen Wertes des Maiskorns zum Maisstroh (12, S. 32). N<sub>2</sub>O-Emissionen sind auf der Basis des DAYCENT Modells berechnet worden (12, S. 32). Weiterhin wurde bei den Berechnungen davon ausgegangen, dass durch den Anbau von Mais 160 kg Kohlenstoff (590 kg CO<sub>2</sub> eq.) pro ha im Boden festzulegen sind, die dem Verfahren gutgeschrieben werden (12, S. 125). Des Weiteren kann davon ausgegangen werden, dass mit der derzeitigen Produktion von PLA von NatureWorks LLC ca. ein kg Gips pro kg hergestelltes PLA anfällt (61, S. 72). Der Gips wird nach Auskunft von VINK et al. an Landwirte verkauft, wofür eine Gutschrift für Emissionen, die beim Gipsabbau entstanden wären, angerechnet wird (61, S. 66). Als Nebenprodukte der PLA Herstellung fallen weiterhin Reststoffe der Nassvermahlung bzw. Hydrolyse (Glutenmehl, Kleie) an,

die zum Beispiel als hochwertiges Tierfutter dienen können und entsprechend mit Gutschriften verrechnet werden können (14, S. 390).

## 4.2 Emissionsreduktionspotenziale bei der Herstellung von PLA

Viele LCA-Studien beziehen in ihre Analysen neben den Emissionspotenzialen auf der Basis heute verfügbarer Technik Zukunftsszenarien mit effizienteren Verfahren ein (14; 45; 59; 61). Beispielsweise werden in den Lebenszyklusanalysen zu PLA der Firma NatureWorks LLC sowohl die derzeitigen Emissionen und Verbräuche, als auch die zukünftig zu erwartenden aufgeführt (59; 61). In VINK et al. 2003 wurden Zukunftsszenarien für NatureWorks beschrieben, bei denen davon ausgegangen wurde, dass in Zukunft statt Maiskörnern die Pflanzenreste als primärer Rohstoff genutzt werden (59). Hemizellulosen und Zellulosen sollten zu Zucker umgewandelt, das anfallende Lignin verbrannt und als Prozessenergie genutzt werden. In dem Szenario wurde weiterhin damit gerechnet, dass der Milchsäurefermentationsprozess verbessert wird und elektrischer Strom aus Windkraftwerken für die Anlage bereitgestellt wird. Mit diesen Verbesserungen ließe sich der Energieeinsatz an fossiler Energie in das System auf 7,4 MJ pro kg PLA (rund 14 % des Energieeinsatzes im Jahr 2003) reduzieren (59, S. 416). Die treibhausrelevanten Emissionen würden zu einer Nettoerduzierung der Emissionen auf -1,7 kg CO<sub>2</sub> eq. pro kg PLA führen. In den aktualisierten Ökobilanzen aus dem Jahr 2007 zeigt sich, dass die Reduktion des Energieeinsatzes und der treibhausrelevanten Emissionen gegenüber 2003 deutlich sichtbar sind, allerdings nicht in dem Umfang wie 2003 angekündigt (61). Auch das Zukunftsszenario ist weniger ambitioniert, als 2003 (siehe Abb. 2).

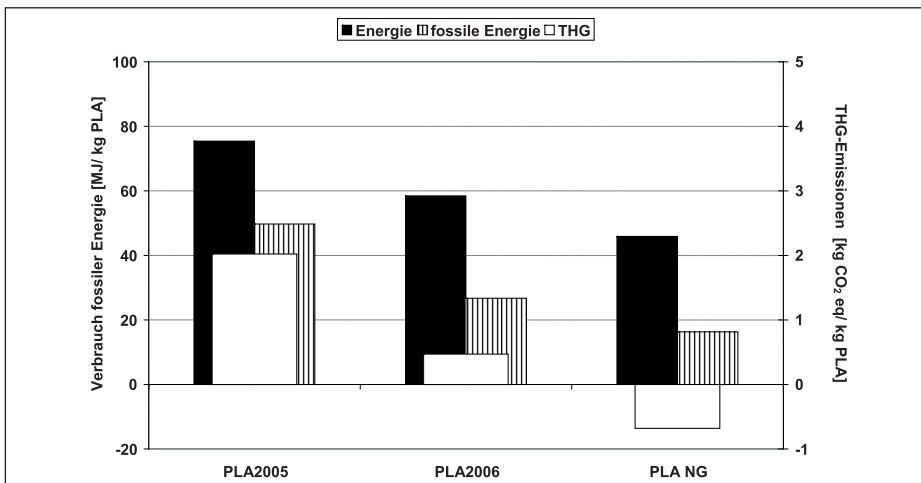


Abb. 2. Verbrauch fossiler Energie zur Herstellung von PLA von NatureWorks LLC in 2005 (PLA 2005), 2006 (PLA 2006) und zukünftig (PLA NG)

Quelle: (61)

Der Rückgang im Energieeinsatz in den vergangenen Jahren erfolgte in erster Linie durch den Zukauf von Zertifikaten für erneuerbare Energien in Form von Windenergie. Die Effizienzsteigerung ist daher weniger einem verbesserten Herstellungsprozess zuzuschreiben

als der Firmenpolitik. Daher können die Emissionswerte nicht ohne weiteres auf andere Herstellungsverfahren übertragen werden. Außerdem ist bei einem Vergleich mit Produkten aus petrochemischer Herstellung zu prüfen, inwiefern die Hersteller dieser Produkte ähnliche Zertifikate erwerben, um ihre Emissionen zu senken. Die Energieeinsparungen in Zukunft sollen auf nicht näher beschriebene Verbesserungen im Fermentationsprozess beruhen, eine Umstellung auf rein zellulose- oder hemizellulosebasierte Rohstoffe wird in 2007 nicht mehr erwähnt.

PATEL et al. gehen in deren Zukunftsszenarien davon aus, dass die Milchsäurefermentation wesentlich effizienter werden kann als dies derzeit der Fall ist. Insbesondere die kontinuierliche Fermentation, der Einsatz von Membranen und die elektrolytische Abtrennung der Kationen von der Fermentationsbrühe versprechen Effizienzfortschritte. Insgesamt untersuchten PATEL et al. fünf verschiedene zukünftig mögliche Herstellungsprozesse (45, S. 114). Die Ausgestaltung der Herstellungsprozesse basieren auf vertraulichen Informationen der Firmen NatureWorks LLC und Shell, die nicht weiter belegt sind. Die Brutto-treibhausgasemissionen und der Bruttoenergieeinsatz zur Herstellung der Milchsäure auf der Basis von Maisstärke können durch die neuartigen Verfahren auf ungefähr die Hälfte reduziert werden (45, S. 410 und 416; vgl. Tab. 1). Durch die Verwendung von Zuckerrohr als Rohstoff kann der Einsatz nicht erneuerbarer Energien und die Emission treibhausrelevanter Gase noch deutlich stärker reduziert werden als durch die Verwendung von Mais (45, S. 412). Lignozellulose nimmt eine Zwischenstellung ein.

**Tabelle 1. Einsatz nicht erneuerbarer Energien und Treibhausgaspotenzial der Milchsäureherstellung mit unterschiedlichen Verfahren und Rohstoffen**

	Referenz PLA Herstellung			NatureWorks Zukunft		
	Stärke	Ligno- zellulose	Zucker- rohr	Stärke	Ligno- zellulose	Zucker- rohr
Energieeinsatz aus nicht erneuerbaren Ressourcen [MJ/ kg PLA]	37,5	25,4	15,7	19,6	7,9	-1,5
Emission von Treibhausgasen [kg CO <sub>2</sub> eq./ kg PLA]	2,7	2,1	1,6	1,2	0,6	0,2

Quelle (45)

### 4.3 Ergebnisse von veröffentlichten LCA-Studien zur Herstellung von PLA Produkten

In den Tabellen 2 und 3 (s. Anhang) sind Untersuchungsrahmen, Annahmen und exemplarische Ergebnisse von verfügbaren LCA-Studien zur Nutzung von PLA dargestellt. Die Studien unterscheiden sich hinsichtlich des Untersuchungsrahmens, insbesondere der untersuchten Umweltwirkungskategorien, der betrachteten funktionellen Einheiten und Annahmen über den Produktionsprozess. Während in einigen Studien (59; 61) die Umweltwirkungen auf die Masseinheit Polymer bezogen wurden, sind in zwei Untersuchungen die Umweltwirkungen von spezifischen Produkten untersucht worden. In einer Studie wird als funktionelle Einheit der Produktnutzen pro 100 ha Nutzfläche gewählt (39). Vielfach beziehen die Untersuchungen die Umweltwirkungen einschließlich der Entsorgung bzw. der Wiederverwertung des Kunststoffes ein (12; 14; 45; 58). Die Studien von VINK

et al. (59; 61) stellen nur die Umweltwirkungen bis zum Fabrikator zur Diskussion. In drei Studien (12; 14; 58) werden die Umweltwirkungen von neun Umweltwirkungskategorien dargestellt, die anderen Studien machen lediglich Aussagen über den Energieverbrauch und die Emissionen treibhausrelevanter Gase.

Bei allen Studien, die insgesamt neun Umweltwirkungen untersuchten, wurde festgestellt, dass die Verwendung von PLA Rohstoffen sowohl umweltrelevante Vorteile als auch Nachteile mit sich bringen kann. Insbesondere die Eutrophierung der Ökosysteme und die Versauerung sind mit der landwirtschaftlichen Nutzung gekoppelt, was im Falle der Nutzung petrochemischer Produkte nicht notwendig ist.

Die Ergebnisse zum Energieverbrauch und zu Emissionen klimarelevanter Gase zeigen ein heterogenes Bild. Verschiedene Studien zeigen zum Teil sehr hohe Energieeinsparungspotenziale und Treibhausgasvermeidungspotenziale durch die Verwendung von PLA (14; 45; 61). DORNBURG et al. (14) stellen z. B. fest, dass mit der Substitution von petrochemischen Kunststoffen durch biotechnologisch hergestellte Kunststoffe pro ha 3–17 t CO<sub>2</sub> eq. vermieden werden können. Dies ist allerdings nur unter der Annahme möglich, dass die Ernteebenenprodukte Energie für den Herstellungsprozess bereitstellen, sowie die Energie aus dem Abwasser zurückgewonnen und genutzt wird. Die Annahmen für die optimistischsten Szenarien basieren vielfach auf Annahmen zum Produktionsprozess, wie sie heute noch nicht vorzufinden sind. Sowohl die Nutzung von Lignozellulose aus Stroh oder Holz, als auch die kontinuierliche Fermentation sind bisher nicht Stand der Technik.

Auf der Basis heute verfügbarer Technik zeigt die Studie von DETZEL und KRÜGER (12), dass die Verwendung von Kunststoffschälchen aus PLA erhebliche Energieeinsparungen mit sich bringt, und z. B. gegenüber PET zu mehr als 50 % THG Einsparungen führt. Die Verwendung von Trinkbechern auf Großereignissen führt dagegen nicht zu so einem klaren Bild (58). Sowohl beim Energieverbrauch als auch bei der Einsparung treibhausrelevanter Gase zeigten die PLA Becher keine eindeutigen Vorteile gegenüber Bechern aus Polycarbonat (PC) oder Pappe<sup>3</sup>). Ein wichtiger Bestimmungsgrund für die ökologische Bewertung ist hier die Häufigkeit der Wiedernutzung des Bechers. Aufgrund der mechanischen Eigenschaften des PLA Bechers ist dieser nicht so häufig nutzbar wie die Vergleichsprodukte.

## 5 Ökonomische Bestimmungsgründe der Nutzung von PLA

Die Nachfrage nach Biokunststoffen ist in der EU bisher sehr begrenzt. Mit ca. 40 000 Tonnen jährlich werden weniger als 0,1 % des Kunststoffmarktes der EU abgedeckt (9). Es wird jedoch davon ausgegangen, dass der Verbrauch von Kunststoffen aus nachwachsenden Rohstoffen in Europa mittelfristig sich je nach politischen Rahmenbedingungen auf 1 bis 6 Mio. Tonnen ausdehnt (9; 34). Das technische Substitutionspotenzial liegt noch weit über diesen Werten. CRANK et al. schätzen, dass 30 % der derzeit genutzten Kunststoffe durch Kunststoffe auf der Basis nachwachsender Rohstoffe ersetzt werden können (9). Bei den derzeitigen Kostenverhältnissen für Rohstoffe sind Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen allerdings deutlich teurer als Massenkunststoffe wie Polyethylen oder Polypropylen. Während im Jahr 2002 die Kosten für petrochemische Kunststoffe wie Polyethylen, Polypropylen, Polystyrol unter einem Euro pro kg lagen, waren Biokunststoffe mit Preisen zwischen drei und fünf Euro pro kg kaum konkurrenzfähig (34, S. 32). Es wird damit gerechnet, dass in absehbarer Zeit PLA aus großtechnischer Herstellung bei voller Auslastung zu Preisen deutlich unter zwei Euro erhältlich ist (34, S. 33; 9, S. 39). CRANK et al. berichten, dass Cargill Dow (heute NatureWorks LLC, ein 100 %iges Tochterunternehmen von Cargill) PLA an Großkunden im Jahr 2003 für 2,20 € pro kg verkauft hat (9, S. 39).

Aufgrund der noch bestehenden Preisdifferenz zu petrochemischen Produkten sind spezifische Eigenschaften und der mögliche Zusatznutzen des Gebrauchs von Biokunststoffen aufgrund besserer Umweltverträglichkeit von besonderer Bedeutung. Für bestimmte Nischenanwendungen ist die biologische Abbaubarkeit der Kunststoffe ein wichtiges Kriterium für die Anwendung. Beispielsweise werden kompostierbare Kunststoffbecher bei Großveranstaltungen im Freien eingesetzt, um die Entsorgungskosten zu senken. Im Bereich der Fischerei ist denkbar, dass biologisch abbaubare Netze eingesetzt werden, die zum Beispiel Meeressäugetiere davor schützen, in verloren gegangenen Netzen hängen zu bleiben. In den Niederlanden werden biologisch abbaubare Plastiktüten für die Sammlung von Kompost eingesetzt. Die Plastiktüten halten den Komposteimer sauber und bauen sich später in der Kompostanlage ab. Biologisch abbaubare Fäden und Implantate aus PLA werden in der Chirurgie schon seit langem eingesetzt. Hier kann die Dauer des Abbauprozesses durch Zusatzstoffe gezielt gesteuert werden.

Ein weitaus größerer Markt für PLA wird im Bereich der Verpackungen gesehen (40, S. 404). Mit Inkrafttreten der dritten Novelle der Verpackungsverordnung am 28. Mai 2005 wurden bisherige Hindernisse für den Einsatz von Biokunststoffen für Deutschland beseitigt, indem zertifizierte kompostierbare Verpackungen bis zum 31. Dezember 2012 von den Auflagen der Verpackungsverordnung ausgenommen sind (16). Dadurch entsteht ein zusätzlicher Preisvorteil gegenüber Verpackungen aus fossilen Rohstoffen in der Größenordnung von einem Euro pro kg Kunststoff (40, S. 407). Obwohl dieser Preisvorteil die höheren Rohstoffkosten derzeit noch nicht kompensieren kann, ist damit zu rechnen, dass sich dieser Anreiz stark auf das Angebot an Kunststoffen auf der Basis nachwachsender Rohstoffe in Deutschland auswirkt. Allerdings muss auch damit gerechnet werden, dass verstärkt kompostierbare Kunststoffe auf der Basis petrochemischer Rohstoffe auf den Markt kommen, die in gleicher Weise von der Regelung profitieren, wie biologisch abbaubare Kunststoffe auf der Basis nachwachsender Rohstoffe. Beispielsweise berichten MÜSSIG et al., dass BASF ihre Kapazitäten zur Produktion des auf der Basis von petrochemischen Rohstoffen hergestellten Werkstoffs Ecoflex im Jahr 2006 um 75 % erhöht haben (40, S. 411).

DORNBURG und PATEL identifizieren den Erdölpreis, die technische Entwicklung, Kosten für biobasierte Rohstoffe, Marktwachstum in der chemischen Industrie und Subventionen als wichtigste Bestimmungsgründe für die Entwicklung der Märkte für biobasierte Kunststoffe (15, S. 193). Die Szenariorechnungen von DORNBURG und PATEL zeigen, dass sich Biokunststoffe und auch PLA unter entsprechenden Rahmenbedingungen stark entwickeln. Im Szenario mit den besten Bedingungen für biobasierte Rohstoffe würden in der EU bis 2050 Marktpotenziale für PLA in der Größenordnung von mehreren 10 Mio. Tonnen entstehen (15, S. 199). Unter ungünstigen Bedingungen könnten sich die biobasierten Rohstoffe weit weniger am Markt durchsetzen. Dennoch, auch bei ungünstigen Bedingungen, würde PLA nach Ergebnissen dieser Studie die petrochemisch hergestellten Kunststoffe Polyethylenterephthalat und Polystyrol bis 2050 zu 50 % bzw. 25 % ersetzen (15, S. 200).

## 6 Diskussion

In Kapitel 4 haben wir gezeigt, dass die Nutzung von PLA im Vergleich zu herkömmlichen Kunststoffen umweltrelevante Vorteile, aber auch Nachteile mit sich bringen kann. Eine generelle Aussage hinsichtlich der Umweltverträglichkeit von Kunststoffen aus PLA kann nicht abgeleitet werden. Vielmehr muss die Herstellung, Nutzung und Entsorgung im Einzelfall genau analysiert werden, um letztendlich auf eine mögliche Vorteilhaftigkeit schließen zu können.



Obwohl die Herstellung von PLA in der Firma NatureWorks LLC in den letzten Jahren deutliche Fortschritte hinsichtlich der mit der Produktion verbundenen Umweltwirkungen gemacht hat, müssen folgende Einschränkungen insbesondere beim Verbrauch fossiler Ressourcen und der Emission treibhausrelevanter Gase gemacht werden:

- Die den LCA-Studien für PLA zugrunde liegenden Emissionsinventare sind nicht komplett veröffentlicht und können teilweise nicht nachvollzogen werden. Dies erschwert die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Herstellungsprozesse von PLA, zum Beispiel auf der Basis anderer Rohstoffe, wie Roggen. Die Sensitivitätsanalysen, die in den vielen Studien durchgeführt wurden, beziehen die landwirtschaftliche Produktion nur im Ausnahmefall mit ein. Angesichts der derzeitigen Debatte um den Energieverbrauch und die Emission von treibhausrelevanten Gasen, die mit der Herstellung von Rohstoffen aus landwirtschaftlichen Produkten verbunden sind (vgl. 48; 53), wäre es für eine transparente Diskussion hilfreich, die Annahmen über die veranschlagten Prozesse der Landwirtschaft nachvollziehbar zu gestalten.
- Viele Annahmen bezüglich der Allokation von Emissionen und der Verrechnung von Gutschriften sind abhängig von der effizienten Nutzung der Nebenprodukte (Maisstroh, Fermentationsrückstände). Wenn die Nutzung der Nebenprodukte nicht möglich ist, müssen die Nebenprodukte als Abfall bewertet werden. Dies kann starke Auswirkungen auf die Bewertung von Kunststoffen auf der Basis von PLA haben.
- Die Abschätzung der N<sub>2</sub>O Emissionen durch die landwirtschaftliche Produktion nach der wichtigen LCA-Analyse von VINK basieren auf Modellrechnungen mit dem DAYCENT Modell (12, S. 32). Es ist jedoch bekannt, dass die mit dem DAYCENT Modell gerechneten Emissionswerte vielfach unter den geschätzten Werten auf der Basis der IPCC Schätzwerte liegen (11). Die mit der Schätzung der N<sub>2</sub>O Emissionen verbundenen Unsicherheit bedingen somit auch Unsicherheiten bezüglich des Gesamtemissionsinventars zur Herstellung von PLA.
- Die Annahme der C-Sequestrierung im Boden durch den Anbau von Mais ist abhängig vom gewählten Referenzsystem. Es ist also die Frage zu stellen, welche Kulturpflanzen werden auf den Flächen wachsen, wenn kein Mais für die Herstellung von PLA angebaut wird und welche C-Sequestrierung bei anderen Nutzungssystemen im Boden stattfindet. Dies muss im Einzelfall geprüft werden und kann sich auch im Laufe der Zeit ändern.
- Die biologische Abbaubarkeit wird vielfach als positive Eigenschaft von Kunststoffen aus nachwachsenden Rohstoffen dargestellt. Es muss jedoch festgestellt werden, dass sich dies nur dann positiv auf die Umweltwirkungen auswirkt, wenn die Kunststoffe über eine Vergärung zu Biogas umgesetzt werden (64). Die Kompostierung schneidet dagegen deutlich ungünstiger ab.

Wie vielfach dargestellt, kann damit gerechnet werden, dass PLA zukünftig noch umweltverträglicher hergestellt werden kann als heute. Die Nutzung regenerativer Energien als Prozessenergie kann die Umweltbelastung eines spezifischen Produktes reduzieren, macht den Herstellungsprozess an sich aber nicht umweltverträglicher. Es bleibt abzuwarten, welche Produktivitätsfortschritte insbesondere im Bereich der Milchsäurefermentation und Reinigung in den nächsten Jahren erzielt werden. Mehr als 30 % des gesamten Bruttoenergieeinsatzes wird für diese Prozesse benötigt. Große Hoffnungen bezüglich Kosten- und Emissionsreduzierung werden in die Nutzung von Lignozellulose gesetzt. Es muss sich allerdings noch zeigen, inwiefern sich die Erwartungen erfüllen.

## 7 Schlussfolgerungen

Es muss damit gerechnet werden, dass in absehbarer Zukunft vermehrt Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen auf dem europäischen und deutschen Markt vertreten sind. PLA ist neben anderen ein wichtiger Kunststoff der zurzeit mit Macht auf den Markt drängt. Das Ausmaß der Marktausdehnung wird stark von Produktivitätsfortschritten in der Biotechnologie, Preisentwicklungen, Konsumentenverhalten und politischen Rahmenbedingungen abhängen. In der gegenwärtigen Diskussion um den Verbrauch fossiler Ressourcen und die anthropogenen Emissionen klimarelevanter Gase haben die Umweltwirkungen und in stärkerem Maße die Auffassung über die Umweltwirkungen starken Einfluss auf die Konsumenten und die politische Willensbildung. In diesem Prozess ist die Transparenz der umweltrelevanten Effekte von großer Bedeutung, um fehlgeleitetes Konsumentenverhalten und ineffiziente Politiken zu vermeiden. Beides führt zu Wohlstandsverlusten und letztendlich zu einer Verschlechterung der Umweltqualität.

Die Nutzung biogener Rohstoffe zur Herstellung von Polymilchsäure bietet große Potenziale der umweltschonenden Erschließung neuer Produkte auf der Basis nachwachsender Rohstoffe. Mit steigenden Erdölpreisen und zu erwartenden Fortschritten in der Biotechnologie haben diese Produkte in Zukunft starke Wachstumschancen.

Aktuelle LCA-Studien zeigen allerdings, dass die Verwendung nachwachsender Rohstoffe zur Herstellung von PLA nicht immer umweltrelevante Vorteile mit sich bringen muss. Durch die Nutzung landwirtschaftlicher Ressourcen ist im Allgemeinen eine stärkere Versauerung und Eutrophierung der Ökosysteme verbunden als durch die Nutzung der petrochemischen Referenzprodukte.

Auch beim Verbrauch fossiler Energien und der Emission treibhausrelevanter Gase zeigt sich, dass die Verwendung von Kunststoffen auf der Basis nachwachsender Rohstoffe nicht zwangsläufig zu positiven Effekten für die Umwelt führt. Dies ist von großer Bedeutung für die Biokunststoffe, da die Umweltverträglichkeit ein wichtiges Alleinstellungsmerkmal ist. In absehbarer Zeit werden die Biokunststoffe ohne dieses Alleinstellungsmerkmal keine Chance am Markt haben. Die Hersteller der Produkte sind daher sehr bemüht, der Öffentlichkeit zu vermitteln, dass Biokunststoffe umweltverträglicher sind als Kunststoffe auf der Basis von Erdöl. LCA-Analysen erweisen sich in diesem Zusammenhang sehr hilfreich, um Umweltwirkungen transparent darzustellen. Die Analyse verfügbarer Studien hat gezeigt, dass die Abschätzung der Emissionen vielfach stark von Annahmen bezüglich der Nutzung von Nebenprodukten abhängen. Leider können den verfügbaren Analysen nicht alle Annahmen über Allokationen und Emissionen von Teilprozessen entnommen werden, so dass nur bedingt Rückschlüsse auf Emissionsinventare bei einer Nutzung von Rohstoffen aus Deutschland möglich sind.

In absehbarer Zeit sind erhebliche Fortschritte in Forschung und Entwicklung zu erwarten, die eine effizientere und umweltgerechtere Produktion von PLA ermöglichen. Insbesondere bei der Nutzung von Nebenprodukten der Landwirtschaft und der effizienten Steuerung der Fermentationstechnologie besteht noch Forschungsbedarf. Politiken, die auf die Herstellung und den Gebrauch von PLA Einfluss nehmen, sollten hinsichtlich der Umweltwirksamkeit überprüft werden, um die Entwicklungen zielgerichtet zu steuern. Die Förderung kompostierbarer Verpackungen alleine kann nur bedingt zu einer Entlastung der Umwelt führen. Stattdessen sollte mehr Transparenz hinsichtlich der Umweltwirkungen hergestellt werden, die dann zu einer effizienteren Ressourcennutzung führen kann.

## Zusammenfassung

Die Nutzung nachwachsender Rohstoffe zur Herstellung von Polymilchsäure (PLA) als Ersatzrohstoff zur Herstellung von verschiedenen Kunststoffen bietet große umweltrelevante Potenziale hinsichtlich der Einsparung fossiler Energie und der Emission von treibhausrelevanten Gasen. Die auf der Basis von Literaturauswertungen erfolgte Analyse zeigt, dass bisher verfügbare Produkte aus PLA nicht in jedem Fall deutliche Vorteile in den genannten Umweltkategorien sicherstellen können. Vielmehr muss im Einzelfall geprüft werden, welcher Energieeinsatz bzw. welche treibhausrelevanten Emissionen bei dem Ersatz von herkömmlichem Kunststoff zu erwarten ist. Ökobilanzen stellen eine wertvolle Methodik zur Kommunikation dieser Umwelteffekte dar. Für die Herstellung von Kunststoffen aus PLA sind hierfür schon eine Reihe Studien veröffentlicht. Dennoch sind viele der Bewertungen zugrunde liegenden Annahmen nicht transparent genug, um einen wissenschaftlichen Diskurs zu ermöglichen.

Kunststoffe auf der Basis von PLA sind unter derzeitigen Kostenverhältnissen noch deutlich teurer als petrochemische Vergleichsprodukte. Dennoch werden Kunststoffen aus PLA aufgrund ihrer spezifischen Eigenschaften und der Umweltwirkungen große Marktwachstumspotenziale zugeschrieben. Dies unterstreicht die Bedeutung der mit der Nutzung von PLA-Kunststoffen verbundenen Umweltwirkungen. Eine transparente Darstellung der Umweltwirkungen des Einsatzes von PLA-Kunststoffen ist Voraussetzung für eine effiziente Ausrichtung von Politiken und für eine effiziente Ressourcennutzung insgesamt.

## Summary

### *Economic and Environmental Potentials of Production and Use of Polylactic Acid from Renewable Feedstocks as Substitute for Petrochemical Plastics*

The utilization of renewable feedstocks to produce polylactic acid as a substitute for petrochemical feedstocks provides great environmental potentials regarding fossil fuel savings and mitigation of greenhouse gas emissions. However, this study shows from a literature review study that products produced from PLA to-date cannot provide significant advantages in these categories in every case. The advantage to be gained via reduced emissions and fossile energy consumption has to be proved for every specific case. Life cycle assessment is a valuable methodology to communicate environmental effects. A range of studies have been published regarding the production of PLA-based products. However, many of the assumptions which determine the evaluations are not transparent enough to enable a critical scientific discussion to be conducted.

Plastics based on PLA are still much more expensive than petrochemical materials. However, expectations for market growth are high. This is due to the specific properties of the new materials and expectations about the environmental effects. A transparent description of the environmental effects of bioplastic use is a prerequisite for making policies efficient and enabling resources to be used efficiently.

## Résumé

### *Potentiels environnementaux et économiques de la production d'acide polylactique à partir de matières renouvelables pour remplacer les plastiques pétrochimiques*

L'utilisation de matières premières renouvelables pour produire de l'acide polylactique (PLA) et le substituer aux matières pétrochimiques, offre un grand potentiel de réduction des impacts environnementaux. La revue bibliographique montre que les produits actuellement fabriqués à partir de PLA ne garantissent pas toujours des avantages significatifs sur le plan de l'énergie et des changements climatiques. Il est essentiel de vérifier au cas par cas les quantités combustibles fossiles et les émissions de gaz à effet de serre résultant du remplacement des matières plastiques traditionnelles. L'analyse du cycle de vie est une méthode particulièrement bien adaptée pour évaluer et communiquer l'intérêt environnemental de tels matériaux renouvelables. De nombreuses études ont déjà été publiées sur la production de plastiques à partir d'acide polylactique. Néanmoins, les évaluations environnementales effectuées comprennent de multiples hypothèses qui ne sont pas suffisamment transparentes pour permettre un jugement scientifique pleinement fondé.

Actuellement, les matières plastiques à base de PLA sont encore nettement plus chères que leurs équivalents pétrochimiques. Le marché des bioplastiques a cependant un important potentiel de croissance, au vu de leurs caractéristiques spécifiques et de leur intérêt environnemental potentiel. Une description transparente et complète des effets environnementaux de ces bioplastiques est une condition préalable à une orientation ciblée des politiques et une utilisation efficaces des ressources.

## Literatur

1. AKERBERG, C.; ZACCHI, G., 2000: An economic evaluation of the fermentative production of lactic acid from wheat flour. *Bioresour. Technol.* 75, 119–126.
2. AKIYAMA, M.; TSUGE, T.; DOI, Y., 2003: Environmental life cycle comparison of polyhydroxyalkanoates produced from renewable carbon resources by bacterial fermentation. *Polym. Degrad. Stab.* 80, S. 183–194.
3. ANURADHA, R.; SURESH, A. K.; VENKATESH, K. V., 1999: Simultaneous saccharification and fermentation of starch to lactic acid. *Process Biochem.* 35, S. 367–375.
4. BAILLY, M., 2002: Production of organic acids by bipolar electro dialysis: realizations and perspectives. *Desalination* 144, S. 157–162.
5. BOGAERT, J.; COSZACH, PH., 2000: Poly(lactic acids): A potential solution to plastic waste dilemma. *Macromol. Symp.* 153, S. 287–303.
6. BOUCHOUX, A.; DE BALMAN, H. R.; LUTIN, F., 2005: Nanofiltration of glucose and sodium lactate solutions: Variations of retention between single- and mixed-solute solutions. *J. Membr. Sci.* 258, S. 123–132.
7. BOUSTEAD, I., 2005: Eco-profiles of the European Plastics Industry – Methodology. *PlasticsEurope*, Ave E van Nieuwenhuysse 4, B-1160 Brüssel, Belgien. <http://www.lcaplasticseurope.org>
8. BUSTOS, G.; MOLDES, A. B.; CRUZ, J. M.; DOMINGUEZ, J. M., 2004: Formulation of low-cost fermentative media for lactic acid production with *Lactobacillus rhamnosus* using vinification lees as nutrients. *J. Agric. Food Chem.* 52, S. 801–808.
9. CRANK, M.; HÜSING, B.; MARSCHEIDER-WEIDEMANN; F.; PATEL, M.; SCHLEICH, J., 2004: Techno-economic feasibility of large-scale production of biobased polymers in Europe (PRO-BIP). Utrecht University, Fraunhofer ISI.
10. DATTA, R.; HENRY, M., 2006: Lactic acid: recent advances in products, processes and technologies – a review. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 81, S. 1119–1129.
11. DEL GROSSO, S. J.; MOISIER, A. R.; PARON, W. J.; OJIMA, D. S., 2005: DAYCENT model analysis of past and contemporary soil N<sub>2</sub>O and net greenhouse gas flux for major crops in the USA. *Soil Tillage Res.* 83, S. 9–24.
12. DETZEL, A.; KRÜGER, M., 2006: Life Cycle Assessment of PLA – A Comparison of food packaging made from NatrueWorks(R) PLA and alternative materials. Bericht IFEU GmbH, Heidelberg (im Auftrag von NatureWorks LLC). <http://www.natureworkslc.com/our-values-and-views/life-cycle-assessment/external-life-cycle-assessment-studies.aspx>
13. DORGAN, J. R.; LEHERMEIER, H. J.; PALADE, L.-I.; CICERO, J., 2001: Polylactides: Properties and Prospects of an Environmentally Benign Plastic from Renewable Resources. *Macromol. Symp.* 175, 55–66.
14. DORNBERG, V.; FAAL, A.; PATEL, M.; TURKENBURG, W. C., 2006: Economics and GHG emission reduction of a PLA bio-refinery system – Combining bottom-up analysis with price elasticity effects. *Resour. Conserv. Recy.* 46, S. 377–409.
15. –; PATEL, M., 2006: Scenario projections for White Biotechnology products. In PATEL, M.; CRANK, M.; DORNBERG, V.; HERMANN, B.; ROES, L.; HÜSING, B.; OVERBEEK, L.; TERRAGNI, F.; RECCHIA, E.: *Medium and Long-term Opportunities and Risks of the Biotechnological Production of Bulk Chemicals from Renewable Resources - The Potential of White Biotechnology. The Brew Project. Final Report under the European Commission's GROWTH Programme (DG Research).* Utrecht University, Utrecht, Netherlands, S. 185–212.
16. Dritte Verordnung zur Änderung der Verpackungsverordnung in der Fassung vom 24. Mai 2005 *Bundesgesetzblatt I*, S. 1407–1409.
17. EN ISO 14040, 1997: Ökobilanz – Prinzipien und allgemeine Anforderungen, Deutsche Fassung, Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag, Berlin.
18. FRIELING, P. VON; SCHÜGERL, K., 1999: Recovery of lactic acid from aqueous model solutions and fermentation broths. *Process Biochem.* 34, S. 685–696.
19. FITZPATRICK J. J.; MURPHY C.; MOTA F. M.; PAULI T., 2003: Impurity and cost considerations for nutrient supplementation of whey permeate fermentations to produce lactic acid for biodegradable plastics. *Int. Dairy J.* 13, S. 575–580.
20. FUCHS, C.; KASTEN, J.; BAUER, U., 2006: Perspektiven für Managementgesellschaften im Marktfruchtbau am Beispiel Nordostdeutschlands. *Sammelband zum Symposium der Edmund-Rehwinkel-Stiftung: Organisatorische und technologische Innovationen in der Landwirtschaft.* Band 21, S. 57–96.
21. GERKING, L.; HAGEN, R.; RICHTER, K.; IDLER, F.; REIMANN, W.; HANZSCH, B., 2005: Method for producing polylactic acid and corresponding device. US Patent 006875839B2.
22. GERNGROSS, T., 1999: Can biotechnology move us toward a sustainable society? *Nat. Biotechnol.* 17, S. 541–544.

23. HABOVA, V.; MELZUCH, K.; RYCHTERA, M.; SEKAVOVA, B., 2004: Electrodialysis as a useful technique for lactic acid separation from a model solution and a fermentation broth. *Desalination* 162, S. 361–372.
24. HUANG, H. J.; YANG, S. T.; RAMEY, D. E., 2004: A hollow-fiber membrane extraction process for recovery and separation of lactic acid from aqueous solution. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 113-16, S. 671–688.
25. HUANG, L. P.; JIN, B.; LANT, P.; ZHOU, J., 2005: Simultaneous saccharification and fermentation of potato starch wastewater to lactic acid by *Rhizopus oryzae* and *Rhizopus arrhizus*. *Biochem. Eng. J.* 23, S. 265–276.
26. HÜSING, B.; ANGERER, G.; GAISSER, S.; MARSCHEIDER-WEIDEMANN, F., 2003: Biotechnologische Herstellung von Wertstoffen unter besonderer Berücksichtigung von Energieträgern und Biopolymeren. UBA-Texte 64/03, Umweltbundesamt Berlin.
27. ILMEN, M.; KOIVURANTA, K.; RUOHONEN, L.; SUOMINEN, P.; PENTTILA, M., 2007: Efficient production of L-lactic acid from xylose by *Pichia stipitis*. *Appl. Environ. Microbiol.* 73, S. 117–123.
28. KAMM, B.; KAMM, M.; TEICHMANN, B.; RICHTER, K.; SOYEZ, K.; REIMANN, W., 1997: Verfahren zur Herstellung von organischen Aminiumlactaten und deren Verwendung zur Herstellung von Dilactid. EP 0 789 080 A2, Cl. C12P7/56, 7.2. 1997, 13.8.1997.
29. KURDIKAR, D.; FOURNET, L.; SLATER, S.; PASTER, M.; GERNGROS, T. U.; COULON, R., 2000: Greenhouse gas profile of a plastic material derived from a genetically modified plant. *J. Ind. Ecol.* 4, S. 107–122.
30. KIM, S.; DALE, B. E., 2005: Life cycle assessment of various cropping systems utilized for producing biofuels: Bioethanol and biodiesel. *Biomass Bioenergy* 29, S. 426–439.
31. KWON, S.; YOO, I. K.; LEE, W. G.; CHANG, H. N.; CHANG, Y. K., 2001: High-rate continuous production of lactic acid by *Lactobacillus rhamnosus* in a two-stage membrane cell-recycle bioreactor. *Biotechnol. Bioeng.* 73, S. 25–34.
32. LINKE, B.; RICHTER, K., 2001: Bioengineering. In: MATTHIES, H. J., MEIER, F. (Eds.): *Yearbook Agricultural Engineering*, Band 13, KTBL/LAV/VDI-MEG 2001, S. 185–189.
33. LINKO, Y. Y.; JAVANAINEN, P., 1996: Simultaneous liquefaction, saccharification, and lactic acid fermentation on barley starch. *Enzyme Microbial Technol.* 19, 118–123.
34. LÖRCKS, J.; WENIG, B., 2003: Biologisch Abbaubare Werkstoffe. Hrsg. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. <http://www.nova-institut.de/news-images/20030123-04/BAW-Broschuere.pdf> Letzter Zugriff: 09.05.2006
35. MELZUCH, K.; VOTRUBA, J.; HABOVA, V.; RYCHTERA, M., 1997: Lactic acid production in a cell retention continuous culture using lignocellulosic hydrolysate as a substrate. *J. Biotech.* 56, S. 25–31.
36. Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz, 2006: Agrarbericht 2006. Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz, Potsdam. [http://www.mlub.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb06\\_2.pdf](http://www.mlub.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb06_2.pdf) Letzter Zugriff: 09.05.2007.
37. MIURA, S.; ARIMURA, T.; HOSHINO, M.; KOJIMA, M.; DWIARTI, L.; OKABE, M., 2003: Optimization and scale-up of L-lactic acid fermentation by mutant strain *Rhizopus* sp. MK-96-1196 in airlift bioreactors. *J. Biosci. Bioeng.* 96, S. 65–69.
38. MOHANTY, A. K.; MISRA, M.; DRZAL, L. T., 2002: Sustainable Bio-Composites from Renewable Resources: Opportunities and Challenges in the Green Materials World. *J. Polym. Environ.* 10, S. 19–26.
39. MÜLLER-SAMANN, K. M.; REINHARDT, G.; VETTER, R.; GÄRTNER, S., 2003: Nachwachsende Rohstoffe in Baden-Württemberg: Identifizierung vorteilhafter Produktlinien zur stofflichen Nutzung unter besonderer Berücksichtigung umweltgerechter Anbauverfahren. Forschungsstudie, Institut für umweltgerechte Landwirtschaft (IFUL), Müllheim und Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg.
40. MÜSSIG, J.; HOFFMEISTER, C.; SCHNEIDER, T., 2006: Verpackungsprodukte. In: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe: Marktanalyse nachwachsende Rohstoffe. Tangram, Bentwisch, S. 391–423.
41. NANCIB, A.; NANCIB, N.; MEZIANE-CHERIF, D.; BOUBENDIR, A.; FICK, M.; BOUDRANT, J., 2005: Joint effect of nitrogen sources and B vitamin supplementation of date juice on lactic acid production by *Lactobacillus casei* subsp. *rhamnosus*. *Bioresource Technol.* 96, S. 63–67.
42. NARAYANAN, N.; PRADIP, K.; ROYCHOUDHURY; SRIVASTAVA, A., 2004: L(+)-lactic acid fermentation and its product polymerization. *Electr. J. Biotech.* 7, S. 167–179.
43. NOLASCO-HIPOLITO, C.; MATSUNAKA, T.; KOBAYASHI, G.; SONOMOTO, K.; ISHI-ZAKI, A., 2002: Synchronized fresh cell bioreactor system for continuous L-(+)-lactic acid production using *Lactococcus lactis* IO-1 in hydrolysed sago starch. *J. Biosci. Bioeng.* 93, S. 281–287.
44. OH, H.; WEE, Y.J.; YUN, J.S.; HAN, S.H.; JUNG, S.; RYU, H.W., 2005: Lactic acid production from agricultural resources as cheap raw materials. *Bioresource Technol.* 96, S. 1492–1498.
45. PATEL, M.; CRANK, M.; DORNBURG, V.; HERMANN, B.; ROES, L.; HÜSING, B.; OVERBEEK, L.; TERRAGNI, F.; RECCHIA, E., 2006: Medium and Long-term Opportunities and Risks of the Biotechnological Production of Bulk Chemicals from Renewable Resources – The Potential of White Biotechnology. The

- Brew Project. Final Report under the European Commission's GROWTH Programme (DG Research). Utrecht University, Utrecht, Netherlands.
46. PAYOT, T.; CHEMALY, Z.; FICK, M., 1999: Lactic acid production by *Bacillus coagulans*-kinetic studies and optimization of culture medium for batch and continuous fermentations. *Enzyme Microbial Technol.* 24, S. 191–199.
  47. PICATAGGIO, S.; ZHANG, M.; FRANDEN M. A.; MC MILLAN, J. D.; FINKELSTEIN, M., 1998: Recombinant *lactobacillus* for fermentation of xylose to lactic acid and lactate. US Patent 005798237A.
  48. PIMENTEL, D., 2003: Ethanol Fuels: Energy Balance, Economics, and Environmental Impacts are Negative. *Nat. Resour. Res.* 12, S. 127–134.
  49. PINTADO, J.; GUYOT, J. P.; RAIMBAULT, M., 1999: Lactic acid production from mussel processing wastes with an amyolytic bacterial strain. *Enzyme Microb. Technol.* 24, S. 590–598.
  50. REIMANN, W., 2006: Optimierung der Elektrodialyse bei der Aufarbeitung von Milchsäure. *Agr. Eng. Res.* 21, S. 59–66.
  51. RICHTER, K.; BEYER, F., 1998: Cellreuse in submerged lactic acid batch fermentation. *Acta Biotechnol.* 18, S. 3–16.
  52. –; REIMANN, W.; BERTHOLD, C.; YEO, I. B., 1998: Produktion von Milchsäure aus Getreidehydrolysaten. *Agr. Eng. Res.* 4, S. 130–141.
  53. SHAPOURI, H.; DUFFIELD, J. A.; WANG, M., 2002: The Energy Balance of Corn Ethanol: An Update. USDA. Agricultural Economics Report No. 814.
  54. SINGH, S. K.; AHMED, S. U.; PANDEY, A., 2006: Metabolic engineering approaches for lactic acid production. *Process Biochem.* 41, S. 991–1000.
  55. SISO, M. I., 1996: The biotechnological utilization of cheese whey: a review. *Bioresour. Technol.* 57, S. 1–11.
  56. THOMSEN M. H., 2005: Complex media from processing of agricultural crops for microbial fermentation. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 68, S. 598–696.
  57. ULBER, R., 2005: Aufarbeitung nachwachsender Rohstoffe - Downstream-Processing und Biotransformation. *Chemie Ingenieur Technik* 77, S. 363–372.
  58. VERCALSTEREN, A. S.; SPIRINCKX, C.; GEERKEN, T.; CLAEYS, P.; VAES, R.; DE SCHOENMAKERE, M.; ULBURGHIS, W.; SARLEE, W., 2006: Comparative LCA of 4 types of drinking cups used at events. Bericht im Auftrag von OVAM (Public Waste Agency of Flanders) durch VITO (Flemish Institute for Technological Research), Melchelen, Belgien. <http://www.ovam.be/jahia/Jahia/pid/836> letzter Zugriff 15.04.2007.
  59. VINK, E.; RÁBAGO, K. R.; GLASSNER, D. A.; SPRINGS, B.; O'CONNOR, R. P.; KOLSTAD, J.; GRUBER, P. R., 2003: Applications of life cycle assessment to Nature Works TM polylactide (PLA) production. *Polym. Degrad. Stab.* 80, S. 403–419.
  60. VINK, E. T. H.; RÁBAGO, K. R.; GLASSNER, D. A.; SPRINGS, B.; O'CONNOR, R. P.; KOLSTAD, J.; GRUBER, P. R., 2004: The Sustainability of Nature Works TM Polylactide Polymers and Ingeo TM Polylactide Fibres: an Update of the Future. *Macromol. Biosci.* 4, S. 551–564.
  61. –; GRUBER, D. A.; KOLSTADT, J. J.; WOOLEY, R. J.; O'CONNOR, P., 2007: The eco-profiles for current and near-future NatureWorks® polylactide (PLA) production. *Ind. Biotechnol.* 3, S. 58–81.
  62. WEE, Y. J.; KIM, J. N.; RYU, H. W., 2006: Biotechnological production of lactic acid and its recent applications. *Food Technol. Biotechnol.* 44, S. 163–172.
  63. WOJCIKOWSKI, A. L.; SOCOL, C. R.; RAMOS, L. P.; PANDEY, A., 1999: Experimental design to enhance the production of L-(+)-lactic acid from steam-exploded wood hydrolysate using *Rhizopus oryzae* in a mixed-acid fermentation. *Process Biochem.* 34, S. 949–955.
  64. WÜRDINGER, E.; ROTH, U.; WEGENER, A.; PECHE, R.; BORKEN, J.; DETZEL, A.; FEHRENBACH, H.; GIEGRICH, J.; MÖHLER, S.; PATYK, A.; REINHARDT, G. A.; VOGT, R.; MÜHLBERGER, D.; WANTE, J., 2002: Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen: Vergleichende Ökobilanz für Loose-fill-Packmittel aus Stärke bzw. aus Polystyrol. *Enderbericht (DBU-Az.04763)*. Bayrisches Institut für angewandte Umweltforschung, Augsburg.
  65. XIAODONG, W.; XUAN, G.; RAKSHIT, S. K., 1997: Direct fermentative production of lactic acid on cassava and other starch substrates. *Biotechnol. Letters* 19, S. 841–843.
  66. ZIELINSKA, K. J.; STECKA, K. M.; MIECZNIKOWSKI, A. H.; SUTERSKA, A. M., 2000: Degradation of raw potato starch by the amylases of lactic acid bacteria, *Pr. Inst. Lab. Badaw. Przem. Spozyw.* 55, 22–29.

### Fußnoten

- 1) Treibhausgasemissionen werden in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten (CO<sub>2</sub> eq.) dargestellt, entsprechend dem treibhauswirksamen Potenzial der Gase über einen Zeitraum von 100 Jahren.
- 2) PATEL et al (S. 139) ist zu entnehmen, dass NatureWorks LLC für die Berechnung der Emissionen aus Mais für ihre Anlage 87 % der Emissionen aus der Landwirtschaft der Herstellung von PLA zuordnen, 13 % dem Maisstroh.
- 3) Die Berechnungen basieren auf Emissionsinventaren zu PLA der Firma Natureworks LLC im Jahr 2005.

*Autorenanschrift:* DR. ANDREAS MEYER-AURICH, DR. JOACHIM VENUS, Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e. V., Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam, Deutschland  
ameyer@atb-potsdam.de, jvenus@atb-potsdam.de  
Prof. Dr. OLIVIER JOLLIET, University of Michigan, Center for Risk Science and Communication, Dept. of Environmental Health Sciences, School of Public Health  
109 South Observatory, Ann Arbor MI 48109-2029, USA  
ojolliet@umich.edu

## Anhang

**Tabelle 2. Untersuchungsrahmen verschiedener Ökobilanzen zur Verwendung von Polymilchsäure als Biokunststoff**

Studie	Umweltwirkungs- bereiche	Landwirt- schaftlicher Rohstoff (Herkunft des Rohstoffs)	Annahmen über Produktions- prozess
VINK et al., 2003, 2007 (59; 61)	Energie, THG- Emissionen, Was- serverbrauch	Mais (USA)	Berücksichtigung von Inputs in Land- wirtschaft, Nassvermahlung des Mais, Milchsäurefermentation im Batchver- fahren, Zukunftsszenario mit Nutzung erneuerbarer Energie
MÜLLER- SÄMANN et al., 2005 (39)	Erschöpfbare Energie, Treib- hauseffekt, Versau- erung, Eutrophie- rung, Ozonabbau, Schwefeldioxid, Stickoxide, Am- moniak, Diesel- partikel	Weizen (D)	Herstellung in Deutschland, Verfütte- rung der Nebenprodukte Kleie, Pülpe und Gluten als Tierfutter, Fermenta- tion von weiteren Rückständen als Biogas, Entsorgung Müllverbrennung mit Heizenergiegewinnung, keine An- nahmen zur Milchsäurefermentation und Polymerisation
PATEL et al., 2006 (45)	Energieverbrauch (erneuerbar und nicht erneuerbar), THG-Emissionen, Landnutzung	Mais (Europa) Zuckerrohr Lignozellulose	Für die PLA-Herstellung nicht näher beschriebenes Allokationsverfahren für Emissionen mit Gutschriften für Kuppelprodukte
DORNBURG et al., 2006 (14)	Energieverbrauch, THG Emissionen	Weizen, Weide-Kurz- umtriebsplan- tage (Polen)	Zukunftsszenario basiert auf VINK et al. 2003, WÜRDINGER et al. und an- deren Annahmen, Stroh bzw. Lignin wird verbrannt, Energie der Abwässer und Verbrennungswärme wird für den PLA Herstellungsprozess genutzt
DETZEL und KRÜGER, 2006 (12)	Verbrauch fossiler Energie, THG- Emissionen, Versauerung, Terrestrische und aquatische Eutrophierung, Sommersmog, Humantoxizität	Mais (USA)	PLA aus USA, Herstellung der Form- teile in Frankreich, Gebrauch und Entsorgung in Deutschland. Allokation der Umweltwirkungen des Mais entsprechend des Verhältnis des Marktwertes von Korn und Stroh, 590 kg CO <sub>2</sub> Sequestrierung pro Jahr im Boden
VERCALSTEREN et al. 2006 (58)	Kategorien ent- sprechend Eco-Indicator 99 (Goedkop)	Mais (USA)	Annahmen zur Herstellung von PLA entsprechend (59)

Quelle: (12; 14; 39; 45; 58; 59; 61)



**Tabelle 3. THG Emissionen und Energieverbrauch von Kunststoffen aus Polymilchsäure im Vergleich mit Kunststoffen petrochemischen Ursprungs**

Studie	Funktionelle Einheit	Verbrauch fossiler Energie	Treibhausrelevante Emissionen	Anmerkungen <sup>1</sup>
VINK et al., 2003 (59)	Kg Polymer	PLA: 54 MJ LDPE, PET, PP: ca. 80 MJ	PLA: ca. 2 kg CO <sub>2</sub> eq. LDPE, PP: ca. 2 kg CO <sub>2</sub> eq. PET: ca. 3,5 kg CO <sub>2</sub> eq.	Zukunftsszenarien hier nicht abgebildet, da in Vink et al. 2007 enthalten Bilanzgrenze: Fabrikator
VINK et al., 2007 (61)	Kg Polymer	PLA 2005: 51 MJ PLA 2006: 34–36 MJ	PLA 2005: 2,02 kg CO <sub>2</sub> eq. PLA 2006: 0,27–0,46 kg CO <sub>2</sub> eq.	Bilanzgrenze: Fabrikator
MÜLLER-SÄMANN et al., 2005 (39)	Produkt-nutzen auf 100 ha	Im Durchschnitt über die Szenarien weniger Verbrauch erschöpfbarer Emissionen	Im Durchschnitt weniger Emissionen	Einige Szenarien zeigen auch ungünstigere Werte als bei PE, keine genaueren Zahlen veröffentlicht.
PATEL et al., 2006 (45)	1000 kg Polymer	PLA (heute): 52,7 GJ, Szenarien (Mais) 40–61 GJ PET, PS, PE LD: 78–87 GJ	PLA (Mais): 0,7–2,4 t CO <sub>2</sub> eq. PET, PS, PE LD: 1,9–3,3 t CO <sub>2</sub> eq.	Bilanzgrenze: Fabrikator
DORNBURG et al., 2006 (14)	1000 kg Polymer (ha)	Nettoenergieeinsparung mit PLA: 70–220 GJ/ ha Jahr	THG Emissionseinsparungen mit PLA in Höhe von 1–4 t CO <sub>2</sub> eq. (3–17 t CO <sub>2</sub> eq./ ha)	Energetische Nutzung von Nebenprodukten (Stroh, Lignin) wurde angerechnet
DETZEL und KRÜGER, 2006 (12)	1000 Kunststoffschälchen mit Deckel (500ml)	PLA 2005: 0,58 GJ PLA 2006: 0,24 GJ PLA NG: 0,17 GJ PS 0,7 GJ PP: 0,8 GJ PET: 1,2 GJ	PLA 2005: 43 kg CO <sub>2</sub> eq. PS: 78 kg CO <sub>2</sub> eq. PP: 61 kg CO <sub>2</sub> eq. PET: 90 kg CO <sub>2</sub> eq.	
VERCALSTEREN et al., 2006 (58)	Behälter für 100 l Bier auf kleineren und großen Events	PLA Becher: 15,1/15,5 MJ PC Becher: 8,0–15,2 MJ PP Becher: 17–19,8 MJ Pappbecher: 10,5–12,4 MJ	PLA Becher: 2,1 E-06 DALY <sup>2</sup> PC Becher: 1,0–2,1 E-06 DALY PP Becher: 2,0–2,4 E-06 DALY Pappbecher: 0,95–1,4 E-06 DALY	Zertifikate für erneuerbare Energienutzung von NatureWorks LLC nicht berücksichtigt

<sup>1</sup>wenn nicht anders gekennzeichnet, Bilanzierung über den gesamten Lebensweg inkl. Entsorgung

<sup>2</sup>DALY: Disability adjusted life years, integrierendes Maß für Lebensqualität

Quelle: (12; 14; 39; 45; 58; 59; 61)

# Genossenschaften im Wandel der deutschen Agrar- und Ernährungswirtschaft

Von JON HANF, Halle (Saale), und RAINER KÜHL, Gießen

## 1 Einleitung

Die Anfänge genossenschaftlicher Zusammenschlüsse auf deutschem Boden lassen sich bis auf die germanischen Stämme zurückverfolgen. Diese Sippenverbände waren jedoch nicht freiwilliger Natur, sondern wurzelten auf blutsmäßiger Verbundenheit der Großfamilien (2). Ausgehend von diesen Sippenverbänden entwickelten sich über verschiedene Zwischenstufen bspw. Marktgenossenschaften und Gilden die Genossenschaften, welche wir heute kennen. Als ihre Gründungsväter können Raiffeisen und Schultze-Delitsch angesehen werden. Im Gegensatz zu ihren Vorläufern beruhen Genossenschaften auf dem Prinzip der absoluten Freiwilligkeit des Ein- und Austritts. Ein weiterer Gegensatz liegt darin begründet, dass Genossenschaften nur den Zweck verfolgen, die eng abgegrenzten wirtschaftlichen Ziele ihrer selbständigen Mitglieder zu fördern, während die Vorläufer einen Totalitätsgedanken in der Art verfolgten, dass die gesamte Wirtschaftsführung bis hin zur Erfassung aller Lebensbereiche der Genossen bestimmt wurde (2). In den folgenden Ausführungen werden wir nur noch die heutigen Genossenschaften behandeln, wobei insbesondere auf die Raiffeisen-Genossenschaften näher eingegangen werden soll.

Trotz oder auch aufgrund ihrer langen Tradition sind Genossenschaften auch heute noch in der deutschen Agrar- und Ernährungsbranche nicht wegzudenken. Auf allen Stufen der Wertschöpfungskette sind Genossenschaften vorhanden und vielfach handelt es sich um die marktführenden oder gar marktbeherrschenden Unternehmen. EDEKA und REWE, Nordmilch, Humana und Westfleisch sowie Baywa und RCG sind nur eine Auswahl von Beispielen, welche zeigen, dass Genossenschaften seit vielen Jahren und immer noch aktuell für das deutsche Agri-Food Business von großer Bedeutung sind. Aber auf der anderen Seite muss auch festgehalten werden, dass diese vielen Genossenschaften derzeit um ihre Existenz bangen, sodass eine starke Konsolidierungsneigung sowohl bei Primär- als auch bei Sekundär-genossenschaften vorhanden ist.

Diese Konsolidierungstendenz kann als Reaktion auf ein sich veränderndes Umfeld gewertet werden. Neben dieser schon länger andauernden Strukturanpassung ist derzeit eine generelle Neudefinition der Agrar- und Ernährungswirtschaft zu erkennen. Aufgrund diverser Lebensmittelskandale und der Optimierung von Wertschöpfungsketten zeichnet sich eine höhergradige Koordinierung im Agri-Food Business ab. Hieraus resultiert, dass der vormals dominierende Austauschmodus des Spotmarktes sukzessive von Koordinationsmechanismen der Kooperation und Integration ergänzt und substituiert wird.

Aufbauend auf diesen skizzierten Überlegungen ergibt sich das Ziel unseres Artikels. In diesem Artikel wollen wir als erstes aufzeigen, welche Bedeutung Genossenschaften in der deutschen Agrar- und Ernährungswirtschaft innehaben und danach wollen wir untersuchen, welche zukünftige Bedeutung und Funktionen Genossenschaften in einem stärker vertikal koordinierten Agri-Food Business aufweisen. Dies wollen wir sowohl für Genossenschaften im Allgemeinen als auch in den speziellen Sparten aufzeigen. Unsere Analyse und Diskussion werden wir mit institutionsökonomischen Ansätzen und Theorien des strategischen Managements und der Organisationstheorie führen.

## 2 Genossenschaften im Agri-Food Business

### 2.1 Das Agri-Food Business

Im der deutschen Agrar- und Ernährungswirtschaft sind Genossenschaften auf allen Stufen der Wertschöpfungskette zu finden. Entsprechend wollen wir erst das deutsche Agri-Food Business skizzieren, um anschließend auf die Genossenschaften einzugehen.

Für die Stufe des deutschen Lebensmitteleinzelhandels (LEH) kann eine Konzentrationsrate (CR 10) von ca. 85 % festgestellt werden. Diese Handelsunternehmen erzielen einen kumulierten Umsatz von ca. 180 Mrd. € (25). Von den ca. 6000 Unternehmen des produzierenden Ernährungsgewerbes ist die Majorität den klein- und mittelständischen Unternehmen zuzuordnen. Hingegen stellen „Multi-Nationale“ und Großunternehmen nur die Minorität, sodass die CR 10 des Ernährungsgewerbes ca. 11 % beträgt (32). Hierbei ist zu beachten, dass einzelne Branchen durchaus signifikant höhere Konzentrationsraten aufweisen (19, S. 885–904). Des Weiteren ist eine Tendenz zur Konsolidierung erkennbar (22). Aktuelle Beispiele, wie der Kauf von Kamps durch Barillia sowie die angestrebte aber schlussendlich abgesagte Fusion von Nordmilch und Humana, verdeutlichen diesen Trend. Ferner müssen die ca. 35 000 Ernährungshandwerksbetriebe, bei denen sich eine Tendenz zur Filialisierung feststellen lässt sowie die ca. 135 000 Unternehmen des Gaststättengewerbes, die ca. 23 Mrd. € Umsatz erzielen (33), berücksichtigt werden. Die Stufe der aufnehmenden Hand besteht aus privaten und genossenschaftlichen Landhändlern. Die Stufe der Rohstoffherzeugung ist gekennzeichnet durch familiengeführte Kleinbetriebe. Während es 2001 noch 411 000 landwirtschaftliche Betriebe gab, konnten 2005 nur noch insgesamt 366 000, von denen 164 000 als Vollerwerbsbetriebe geführt wurden, identifiziert werden. Die agrarische Zulieferindustrie bestehend aus den Sparten Saatgut, Pflanzenschutz, Dünge- und Futtermittel sowie Agrartechnik ist konzentriert und größtenteils von mittelständischen und großen Unternehmen erschlossen.

### 2.2 Genossenschaften in der Agrar- und Ernährungsbranche

Die traditionelle Form der Kooperation in der deutschen Agrar- und Ernährungswirtschaft stellt die Genossenschaft dar. So ist es auch nicht verwunderlich, dass auf allen Stufen der Wertschöpfungskette Genossenschaften vertreten sind.

Seit dem Bilanzskandal der Co-op in den 1980er-Jahren spielen Genossenschaften auf Konsumentenebene in Deutschland eine untergeordnete Rolle. Die größte Konsumgenossenschaft in Deutschland ist die Co-op Schleswig-Holstein e.G. (ca. 38 000 Mitglieder), welche in Schleswig-Holstein, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Baden-Württemberg und Bayern tätig ist. Mit einem Umsatzvolumen von ca. 1,3 Mrd. € steht diese Konsumgenossenschaft an 18. Stelle der größten Lebensmitteleinzelhändler (25). Im Gegensatz zu Deutschland stellen Konsumgenossenschaften Migros und Co-op in der Schweiz die marktführenden Händler dar.

Für die nächste Stufe der Food Chain kann festgestellt werden, dass Lebensmitteleinzelhändler, welche genossenschaftlich organisiert sind, eine große Bedeutung in Deutschland darstellen. Die EDEKA-Gruppe<sup>1)</sup> (ca. 6000 Mitglieder) und die REWE-Gruppe (ca. 5000 Mitglieder) sind mit ca. 36 Mrd. €, bzw. 31 Mrd. € Umsatzvolumen, größter und drittgrößter Lebensmitteleinzelhändler in Deutschland (25).

Auch auf den folgenden Stufen der Food Chain haben Genossenschaften eine bedeutungsvolle Position inne. Diese Genossenschaften, deren Aufgabe in der Vermarktung landwirtschaftlicher Erzeugnisse und Versorgung der landwirtschaftlichen Unternehmen mit Produktionsmitteln besteht, bezeichnen wir in Analogie zum Deutschen Raiffeisenverband als Raiffeisen-Genossenschaften. 2006 waren insgesamt 3188 Genossenschaften

im Raiffeisen-Verband tätig, die sich in 2042 ländliche Waren- und Dienstleistungsgenossenschaften, 214 Kreditgenossenschaften mit Warengeschäft, 925 Agrargenossenschaften und 7 Zentralen und Einrichtungen auf Bundesebene aufgegliedert haben. Diese Genossenschaften haben 2006 gemeinsam ca. 38,3 Mrd. € Umsatz erzielt. Die folgende Tabelle zeigt eine detaillierte Übersicht über die derzeitige Situation und die Entwicklung der Raiffeisen Genossenschaften seit 1950 (10).

**Tabelle 1. Entwicklung der Raiffeisen Organisationen (1950–2006), DRV (2007) und Raiffeisen (2007)**

	1950	1970	1990	2004	2005	2006
<b>Raiffeisen-Genossenschaften insgesamt</b>	<b>23 753</b>	<b>13 764</b>	<b>5 199</b>	<b>3 235</b>	<b>3 122</b>	<b>3 188</b>
Kredit mit Ware	11 216	4 920	1 474	249	222	214
Bezug und Absatz	2 710	1 740	645	418	409	392
Milch	5 726	3 705	846	330	308	301
Vieh und Fleisch	329	263	205	103	101	121
Winzer	508	500	310	232	224	222
Obst, Gemüse, Gartenbau	205	201	114	114	107	102
Zentralen	83	90	53	24	24	–
Agrargenossenschaften	–	–	–	801	783	925
Übrige	2.976	2 345	1 552	964	944	904
<b>Mitgliedschaften insgesamt (in 1 000)</b>	<b>3 278</b>	<b>3 870</b>	<b>4 487</b>	<b>2 255</b>	<b>2 125*</b>	<b>2 156*</b>
Kredit mit Ware**	1 575	1 991	3 283	1 480	1 370*	1 412*
Bezug und Absatz	375	288	177	134	130*	128*
Molkerei	828	721	297	135	131*	130*
Vieh und Fleisch	98	114	153	105	101*	222*
Winzer	36	62	68	56	56*	54*
Obst, Gemüse, Gartenbau	38	114	69	38	34*	36*
Agrargenossenschaften	–	–	–	37	37*	44*
Umsatz (Mio. €)	3 463	17 461	39 030	35 967	35 876*	38 309*
<b>Beschäftigte insgesamt</b>	–	<b>160 337</b>	<b>132 434</b>	<b>107 163</b>	<b>104 500*</b>	<b>108 000*</b>

\* vorläufig, \*\* inkl. nichtlandwirtschaftlicher Mitglieder

Die Anzahl der Raiffeisen Genossenschaften und deren Mitglieder ist seit längerer Zeit signifikant rückläufig, sodass 2005 nur noch 3122 Raiffeisen-Genossenschaften aktiv waren. In 2006 war erstmals ein leichter Anstieg auf 3188 Genossenschaften zu verzeichnen. Dieser Anstieg ist auf den Beitritt des Fachprüfungsverbands von Produktivgenossenschaften in Mitteldeutschland e.V. und seinen 184 Genossenschaften Mitte 2006 zum Deutschen Raiffeisen-Verband zu erklären. Insbesondere ist auf den Beitritt der sprunghafte Anstieg der Anzahl an Agrargenossenschaften von 2005 (783 Agrargenossenschaften) auf 925 Agrargenossenschaften in 2006 zurückzuführen (10). Anders verlief die Entwicklung beim Umsatz. Er ist bis 2001 kontinuierlich gestiegen<sup>2)</sup>. Von 2001 bis 2005 sind die Umsatzerlöse gefallen, sodass diese 2005 ca. 35,9 Mrd. € betragen. In 2006

konnte der Umsatz auf ca. 38,3 Mrd. € gesteigert werden. Die unterschiedliche Entwicklung bei der Anzahl der Genossenschaften, Mitgliederzahl und beim Umsatz lässt sich durch die in etwa gleich gebliebene landwirtschaftliche Nutzfläche erklären. Des Weiteren spiegelt diese Entwicklung die Strategie der Bündelung der Kräfte wider, sodass größere Einheiten entstehen. Insbesondere für Kreditgenossenschaften mit angegliedertem Warengeschäft und Molkereigenossenschaften lässt sich diese Entwicklung gut erkennen. Bei den Milchgenossenschaften ist anzumerken, dass sich die Untergruppierung der milchverarbeitenden Genossenschaften von 2569 im Jahr 1950 auf 64 Genossenschaften im Jahr 2006 reduziert hat.

Die Bedeutung von Raiffeisen-Genossenschaften für die deutsche Agrar- und Ernährungswirtschaft lässt sich, wie der Deutsche Raiffeisenverband ermittelt hat, daran erkennen, dass über die Hälfte der Getreide- und Ölsaatenerte sowie jede zweite Einheit landwirtschaftlicher Betriebsmittel von Genossenschaften vermarktet werden. Auch im Bereich der nachwachsenden Rohstoffe sind sie bereits Marktführer. Zusätzlich werden Funktionen der Raiffeisen- und Warengenossenschaften im ländlichen Raum, als Strukturbildner und Informationsvermittler wahrgenommen (10). Diese generellen Aussagen lassen sich ebenfalls für die einzelnen Sparten bestätigen. Unter der Sparte Allgemeine Warenwirtschaft werden alle Genossenschaften subsumiert, welche das landwirtschaftliche Bezugs- und Absatzgeschäft mit den Bereichen Saatgut, Pflanzenschutz, Düngemittel, Agrartechnik, Getreide, Ölsaaten, Kartoffeln und nachwachsenden Rohstoffen betreiben. Für diese Sparten kann konstatiert werden, dass Raiffeisen-Genossenschaften große Bedeutung im Markt haben. Im Jahr 2003 hatten beispielsweise Genossenschaften einen Marktanteil von ca. 25 % in der Sparte Agrartechnik. Ferner haben sie in der Sparte Futtermittel, welche die Produktion beinhaltet, einen Marktanteil von ca. 30 % gehalten. Für die Milchwirtschaft kann festgestellt werden, dass im selben Jahr ca. 65 % der angelieferten Milch auf Molkereigenossenschaften entfallen sind. Des Weiteren wurden ca. 29 % aller Schlachtungen im Bereich Vieh und Fleisch von Genossenschaften durchgeführt. Auch bei den Winzergenossenschaften konnte 2003 festgestellt werden, dass sie einen Marktanteil von 31 % halten und die Genossenschaften in der Sparte Obst und Gemüse die Marktführerschaft innehaben (9). Auf der Stufe der landwirtschaftlichen Produktion bewirtschaften die 925 Agrargenossenschaften mit ihren 44 000 Mitgliedern und rund 24 000 Beschäftigten ca. 1,7 Mio. Hektar. Dies entspricht rund einem Drittel der landwirtschaftlichen Nutzfläche in Ostdeutschland (10). Zu beachten ist jedoch, dass sich die Aussagen auf die kumulierte Bedeutung aller Genossenschaften beziehen. Für jede einzelne Genossenschaft, die im Wettbewerb mit Nicht-Genossenschaften steht, kann das Bild stark abweichen. Das liegt insbesondere daran, dass wichtige Wettbewerbsfaktoren wie Marken- und Kundenorientierung bei den einzelnen Genossenschaften eher schwach ausgeprägt sind.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Genossenschaften auf allen Stufen der Wertschöpfungskette vertreten sind. Während sie als Konsumgenossenschaften nur eine untergeordnete Rolle in Deutschland spielen, haben Genossenschaften auf den weiteren Stufen der Kette eine große Bedeutung. Raiffeisen-Genossenschaften, als institutionalisierte Kooperationsform der Landwirte, nehmen zwar auf der einen Seite in Bezug auf ihre absolute Anzahl und Mitgliederstärke ab, haben aber auf der anderen Seite im Laufe der Jahre hinsichtlich der Umsatzerlöse an Bedeutung gewonnen. Bedacht werden muss jedoch, dass diese Betrachtung ex post erfolgt und dass das Agri-Food Business starken Veränderungen unterworfen ist. Aus diesem Grund soll im folgenden Kapitel der Wandel dargelegt werden, sodass Aussagen bezüglich der zukünftigen Bedeutung und Rolle der Genossenschaften in der Agrar- und Ernährungswirtschaft getroffen werden können.

### 3 Agri-Food Business im Wandel

#### 3.1 Nahrungsmittelmärkte mit neuen „Qualitäten“

Als grundlegende Einflussfaktoren für den Wandel des Agri-Food Business sehen wir die gesättigten Märkte der entwickelten Länder und den damit einhergehenden Wandel von Verkäufermärkten zu Käufermärkten an, wozu auch die Liberalisierungsanstrengungen der WTO gehören. Als Konsequenzen ergeben sich hieraus die Intensivierung der Globalisierung und Wettbewerbsintensität sowie eine Zunahme von Konsolidierungen. Dies bedingt wiederum, dass alle Unternehmen auf allen Stufen der Wertschöpfungskette Kundenorientierung als oberste Handlungsmaxime betrachten. Kundenorientierung bedingt, dass alle Handlungen eines Unternehmens mit dem Ziel ausgeführt werden, bestehende oder latent vorhandene Wünsche und Bedürfnisse der Konsumenten zu befriedigen. Dies bedeutet, dass Unternehmen Änderungen des Konsumentenverhalten und der Konsumentenpräferenzen konsequent antizipieren und umsetzen müssen (15, S. 387–394). Ausgehend von der Umsetzung der Kundenorientierung betrachten wir die Skandale und Krisen der Agrar- und Ernährungswirtschaft-Branche als einen der bedeutendsten Einflussfaktoren auf den Wandel der Branche.

Traditionell wurden Nahrungsmittel von der Mehrheit der Konsumenten als kurzlebige, niedrigpreisige Konsumgüter bzw. „low involvement goods“<sup>(3)</sup> betrachtet, denen primär Such- und Erfahrungseigenschaften zugeordnet werden. Für diese Güter versucht der Konsument seine Informations- und Suchkosten zu minimieren, sodass er im Allgemeinen wenig detaillierte Informationen und Wissen über die erworbenen Produkte besitzt. Im Falle einer Krise<sup>(4)</sup> wird jedoch der Vertrauensgutcharakter von Lebensmitteln wahrgenommen, sodass viele Konsumenten Nahrungsmittel temporär zu „high involvement goods“ machen, bei denen Konsumenten aufgrund des subjektiv hohen Risikos keine Informations- und Suchkosten scheuen. Somit haben die Krisen dazu geführt, dass Lebensmittel nicht mehr „nur“ als Kontroll- und Erfahrungsgut wahrgenommen, sondern heute als ein komplexes Bündel von Kontroll-, Erfahrungs- und Glaubenscharakteristiken verstanden werden (4, S. 471–485; 12, S. 264–277; 14, S. 423–430). Als Reaktion müssen kundenorientierte Unternehmen Produkte anbieten, welche die von den Kunden geforderten Eigenschaften aufweisen und müssen somit auch explizit Vertrauenseigenschaften berücksichtigen. Da sich eine Vielzahl von Vertrauenseigenschaften auf die gesamte Wertschöpfungskette beziehen, müssen Koordinierungsmechanismen für die gesamte Kette aufgebaut werden.

Als Folge der Krisen stellen wir somit fest, dass die Verbraucher Lebensmittel als äußerst sensible und komplexe Güter wahrnehmen, welche auch gesundheitsgefährdende Eigenschaften aufweisen können. Hieraus folgt, dass die Endkunden neben sensorischen (z. B. Haptik, Optik, Geruch und Geschmack) Qualitätseigenschaften auch produktionsprozessinhärente (z. B. ökologisch produziert) und -ethische (wie Tierschutz) Qualitätseigenschaften verlangen. Dies bedeutet, dass Qualität nicht mehr nur innerhalb eines Unternehmens entsteht, sondern dass Qualität innerhalb unternehmensübergreifender Prozesse generiert wird. Diese Prozesse beinhalten sämtliche Stufen der Food Chain, sodass auch vormals nicht wahrgenommene Stufen (z. B. Futtermittelmöhlen) integriert werden müssen (16, S. 35–43). Entsprechend muss der Qualitätsbegriff konsequenterweise um folgende Punkte erweitert werden:

- I. Anforderungen der Kunden (Bedürfnisse und Wünsche),
- II. Eignung des Produktes zur Umsetzung der Anforderungen und
- III. Prozessorientierung der gesamten Kette.

### 3.2 Konsequenzen aus Wandlung der Konsumentenansprüche

Somit bleibt festzuhalten, dass sich aus den Krisen als Resultat ein neues Qualitätsverständnis entwickelt hat, welches zusätzliche Qualitätseigenschaften fordert, die Erfahrungs- oder Vertrauenseigenschaften darstellen. Konsumenten und Politiker fordern beispielsweise als Reaktion auf die BSE- und MKS-Krise Transparenz und Rückverfolgbarkeit der Nahrungsmittel. Ferner ist ein weiteres Beispiel für die Veränderung der Konsumentenwünsche die gesteigerte Nachfrage Öko-Produkten. Somit sind die Qualitätsanstrengungen der einzelnen Firmen auf den einzelnen Stufen nicht substituierbar sondern komplementär miteinander verbunden. Dies bedingt, dass die Unternehmen der Agrar- und Ernährungsbranche kooperativ zusammenarbeiten und sich aufeinander verlassen müssen, sodass durch kooperatives Handeln eine höhere Qualität gewährleistet werden kann. Unter dem Begriff Kooperation wird eine Form der freiwilligen zwischenbetrieblichen Zusammenarbeit von mindestens zwei Unternehmen unter Wahrung der wirtschaftlichen und rechtlichen Selbständigkeit verstanden. Das Grundprinzip von Kooperationen beruht auf dem Grundsatz, dass die gemeinsame Leistungsfähigkeit größer ist als die Summe der Einzelleistungen (Synergieeffekt). Das Hauptziel der Kooperation liegt darin, dass sich die Kompetenzen und wirtschaftlichen Beziehungen der beteiligten Unternehmen komplementär ergänzen, um für alle beteiligten Kooperationspartner eine bessere Position im Wettbewerb zu erreichen (1, S. 179–204; 5, S. 159–178; 13, S. 535–556). Neben der aus dem neuen Qualitätsverständnis resultierenden Notwendigkeit der Kooperation ergeben sich noch weitere Vorteile. Prozesse können optimiert, Transaktionskosten, Distributionskosten und Kapitalkosten können reduziert, gemeinsames Wissen kann aufgebaut und bei Investitionen kann das Risiko gestreut werden. Diese Vorteile tragen dazu bei, dass Win-Win-Situationen kreierte werden können, die als Voraussetzung für nachhaltige und lang andauernde Kooperation angesehen werden können (17, S. 104–110). Natürlich hat eine Kooperation auch Nachteile. Hierbei sind insbesondere die Abhängigkeitsnachteile zu nennen, welche durch Einbußen der Eigenständigkeit der einzelnen Unternehmer und durch die teilweise Offenlegung von Betriebsgeheimnissen zustande kommen. Hierdurch wird die Gefahr von opportunistischem Verhalten einzelner Akteure gesteigert.

### 3.3 Supply Chain Networks als Folge des Wandels

Der beschriebene Wandel des Qualitätsverständnisses der Konsumenten hat zur Folge, dass der Austausch von Waren zwischen mehreren Parteien nicht mehr primär über den Markt geregelt wird, sondern durch vertikal koordinierte Systeme erfolgt. Ein Charakteristikum von solchen vertikal koordinierten Systemen ist, dass sie eine Mehrzahl an Stufen der gesamten Wertschöpfungskette umfassen, wobei die Länge, die Form und die Intensität der Kooperation oder Integration der Kettensysteme differiert. Letztendlich wird jedoch in der Zukunft der rein horizontale Wettbewerb einzelner Akteure einer Wertschöpfungsstufe von einem Wettbewerb einzelner vertikaler Prozessorganisationen, zwar nicht vollkommen, aber zu einem hohen Maße substituiert. KARGERHUBER/KÜHL (20) haben dargelegt, dass die Majorität dieser sich neu entwickelnden Kettensysteme als Kooperation organisiert ist. Diese kooperativen Prozessorganisationen, welche auch als Wertschöpfungsnetzwerke (Supply Chain Networks) bezeichnet werden (16, S. 35–43), stellen strategische Netzwerke dar.

Das auf JARILLO (24, S. 31–41) zurückgehende strategische Netzwerk kann in der Form charakterisiert werden, dass es sich durch komplex-reziproke, eher kooperative denn kompetitive und relativ stabile Beziehungen zwischen rechtlich selbständigen, wirtschaftlich jedoch zumeist abhängigen Unternehmen auszeichnet (35, S. 269–296). SYDOW (34, S. 238–254) führt dazu weiter aus, dass der Ursprung der Bildung eines strategischen Netzwerkes darin begründet liegt, dass zum einen strategische „Make or Buy“-Entschei-

dungen mit dem Ziel angestellt werden, die Aufgaben im Netzwerk hinsichtlich ihrer bestmöglichen Erfüllung zu verteilen und in diesem Zusammenhang die gesamte Wertschöpfungskette durch Restrukturierung zu optimieren. Zum anderen werden in strategischen Netzwerken bei „Buy“-Entscheidungen die Prozesse der Leistungserstellung eng aneinander angepasst sowie deren Koordination geregelt (34, S. 238–254). Typischerweise erfolgt eine solche die Unternehmensgrenzen aufweichende Koordination in einem hierarchisch-pyramidalen Netzwerk durch ein strategieführendes, fokales Unternehmen (6, S. 1159–1179), welches auch Kettenkapitän oder Pivotunternehmen genannt wird. Durch seine zentrale Entscheidungsautorität ist es in der Lage, das Netzwerk aufzubauen und zu koordinieren (6, S. 1159–1179). Hierbei übt das Pivotunternehmen Einfluss auf die strategischen und operativen Entscheidungen der assoziierten Unternehmen aus, um die übergeordneten Netzwerkziele zu erreichen und deren Umsetzung sicher zu stellen. Aufgaben des fokalen Unternehmens im Netzwerk sind die Erstellung und Gestaltung der Strategie sowie die Ausgestaltung der unternehmensübergreifenden Beziehungen (38, S. 417–439). Hierbei ist zu beachten, dass neben den sequenziellen und reziproken Interdependenzen der vertikalen Ausrichtung auch gepoolte Beziehungen innerhalb der einzelnen Stufen der Kette bestehen, da ein Supply Chain Network des Agri-Food Business hauptsächlich aus einer Vielzahl von klein- und mittelständischen Unternehmen und nur wenigen Großunternehmen besteht. Koordinierungsmechanismen eines solchen kooperativen Netzwerkes sind Standards, zentrale Anweisungen, implizite und explizite Verträge sowie übereinstimmende Werte und Normen. In einem derartig pyramidal-hierarchischen Netzwerk ergeben sich Abhängigkeiten der Zulieferer vom Macht ausübenden Kettenkapitän<sup>5)</sup>. BELLMANN (3, S. 47–64) stellt fest, dass das Abhängigkeitsniveau bei vertikalen Verbindungen höher ist als bei horizontalen Beziehungen. Obwohl es erscheint, als ob dies eine einseitige Abhängigkeit ist, muss bedacht werden, dass die fokale Organisation selbst von kritischen Inputs seiner Zulieferer abhängig sein kann, sodass diese Unternehmen eine Machtposition gegenüber dem Pivotunternehmen erlangen können (26, S. 999–1012). So entsteht eine gegenseitige Abhängigkeit, welche den Erkenntnissen der Resource-Dependency-Theorie entspricht. Somit können zur Förderung des gegenseitigen Vertrauens, Maßnahmen, wie beispielsweise der Aufbau einer gemeinsamen Kettenkultur, als essentiell betrachtet werden. Neben der Bedeutung für die Koordination trägt Vertrauen dazu bei, dass Kontrollkosten zur Einhaltung der Verträge gesenkt werden können. Hierbei ist es notwendig, dass ein hoher Grad an Transparenz erzeugt wird. SYDOW (34, S. 269–296) stellt fest, dass unter den Bedingungen eines Käufermarktes der Kettenkapitän einer konsumnahen Stufe der Wertschöpfungskette angehört. Für das Agri-Food Business ist somit zu schließen, dass dieses Kernelement des Netzwerks in den meisten Fällen entweder ein Markenhersteller oder für Handelsmarken ein Handelsunternehmen ist. Dies soll jedoch nicht ausschließen, dass fokale Unternehmen auf jeder Stufe der Wertschöpfungskette lokalisiert sein können (28, S. 1–32; 27, S. 750–755).

Obwohl im Zuge einer Anpassung des deutschen Rechts an europäisches Recht Anfang des Jahres 2002 die ehemals bestehende Kettenverantwortung in eine Stufenverantwortung beim Inverkehrbringen von Gütern umgewandelt wurde (37, S. 2), gehen wir davon aus, dass Markenhersteller und Händler in Zukunft als Folge der diversen Lebensmittelqualitätsprobleme noch stärker als Qualitätsgarant von den Verbrauchern in Verantwortung genommen werden, sodass sich aus dieser Verbraucherforderung heraus wieder eine Kettenhaftung ergibt. Dies bedeutet, dass der Kettenkapitän von den Endkonsumenten stellvertretend als Qualitätsgarant für das gesamte Netzwerk wahrgenommen wird. Eine solche Qualitätsgarantie akzeptieren die Endkonsumenten jedoch nur von einem Unternehmen, welches als integer gilt und von ihnen wahrgenommen wird. Dies bedeutet, dass der Kettenkapitän große Summen in seine Reputation bzw. Marke und in die Kommunikation seiner Vertrauenswürdigkeit investieren muss (15., S. 387–394).



Zusätzlich kann angemerkt werden, dass sich ein Wettbewerbsvorteil dann ergibt, wenn die Wertschöpfungskette derart ausgestaltet ist, dass sie nicht nur für die gewerblichen Kunden, sondern auch für die Endkonsumenten erkennbar und nachvollziehbar ist (17, S. 104–110). Somit ist das positive Ergebnis eines solchen transparenten Wertschöpfungsnetzwerkes eine klassische Win-Win-Situation. Auf der einen Seite erhalten Endverbraucher die von ihnen zurzeit vehement geforderte Transparenz und Qualität zu einem akzeptablen Preis und auf der anderen Seite erzielt die Gesamtheit aller Beteiligten des Netzwerks eine höhere Wertschöpfung resultierend aus den Erlösen, der Kostensenkung und der Prozessoptimierung.

Somit ist heute die Auseinandersetzung mit dem Kunden eine zentrale Aufgabe des Managements. Für den Unternehmenserfolg ist jedoch die Sensibilität im Umgang mit den Endkunden nur eine Seite der Medaille. Auf der anderen Seite sind die industriellen Kunden ein weiterer erfolgskritischer Faktor. Dieser wird oft unterschätzt, aber er ist von hoher Wichtigkeit. Wird durch das Konstrukt Kundenzufriedenheit häufig nur der Endverbraucher angesprochen, so muss im Zuge einer verstärkten Supply Chain Betrachtung auch die Beziehung zu gewerblichen Kunden mit einbezogen werden. Hierbei sind in der Praxis die Optimierung der Lieferkette (Supply Chain Management) und die Optimierung des Qualitätsmanagements (Total Quality Management) von herausragender Bedeutung.

Supply Chain Management (SCM) kann als ein Unternehmensgrenzen übergreifendes Managementkonzept angesehen werden, welches Wertschöpfungsketten anhand von Kundenbedürfnissen ausrichtet. Hierbei sollen die Warenströme und die damit einhergehenden Informationsströme optimiert werden. Um dies zu erreichen, wird die Bildung von Kooperationen und das Einsetzen von Koordinationsmechanismen entlang der gesamten Wertschöpfungskette hervorgehoben (29, S. 419–439; 30, S. 157–176). Jedoch muss einschränkend festgestellt werden, dass SCM häufig auf die Optimierung der Logistik reduziert und die überbetriebliche Zusammenarbeit nur in Ausnahmefällen behandelt wird. Hieraus folgt, dass entgegen der theoretischen Konzeption nicht die gesamte Kette sondern meistens nur zwei aufeinanderfolgende Unternehmen integriert werden. Ferner ist kritisch anzumerken, dass SCM primär auf die Bedürfnisse von großen Händlern und großen Unternehmen ausgerichtet ist und somit kleine und mittelständische Unternehmen keinen Zugang finden, sodass die Mehrheit der deutschen Agri-Food-Unternehmen nicht eingebunden ist.

Das Total Quality Management berücksichtigt sowohl kunden-, produkt- und auch prozessbezogene Qualitätsmerkmale. Letztendlich reduzierte sich dies jedoch in der Agrar- und Ernährungswirtschaft auf eine Zertifizierung der Mindeststandards nach DIN ISO 9000 ff., welches heute nicht mehr ausreichend ist, um einen Wettbewerbsvorteil zu erlangen. Ein neuer Ansatz ist die Einführung des QS-Zeichens. Wir wollen ferner kritisch anmerken, dass eine reine Zertifizierung der Produktionsprozesse bzw. eine aktive Teilnahme an den QS-Standards nicht ausreicht, um die Konsumenten zu überzeugen, dass die ihnen angebotenen Produkte unbedenklich und qualitativ hochwertig sind (23, S. 32–33). Das Vertrauen der Abnehmer in die Qualitätsattribute Sicherheit und Unbedenklichkeit ist nur durch die Bildung von Unternehmen übergreifenden Kooperationen entlang der Wertschöpfungskette erreichbar. Entscheidend für einen Erfolg solcher Ansätze ist es, die Beziehungen entlang der Supply Chain als ein netzwerkartiges System zu verstehen.

## 4 Konsequenzen für genossenschaftliche Repositionierung

### 4.1 Rolle der Genossenschaft in Supply Chain Networks (SCN)

Wir haben gezeigt, dass sich das Agri-Food Business derzeit stark wandelt. Entsprechend wollen wir nun untersuchen, ob Genossenschaften auch in diesem Umfeld zukünftig existieren können. Darauf aufbauend wollen wir die Frage, welche Rolle Genossenschaften als traditionelle Kooperationsform in vertikal kooperierenden Supply Chain Networks innehaben können, diskutieren.

Supply Chain Networks zeichnen sich dadurch aus, dass eine Mehrzahl an Unternehmen entlang der Supply Chain miteinander kooperiert. Deshalb besteht ein SCN aus einer sehr großen Anzahl von landwirtschaftlichen Unternehmen und wenigen landwirtschaftlichen Zulieferern, Händlern und Herstellern. Um eine hohe Effizienz zu erreichen, besteht also auch innerhalb eines SCN die Notwendigkeit, die Mengen der einzelnen landwirtschaftlichen Betriebe zu bündeln. Dieses Unternehmen muss jedoch nicht nur die einzelnen Mengen zusammenfassen, sondern auch sicherstellen, dass die Qualitätsanforderungen sowohl auf der eigenen als auch auf der Stufe der landwirtschaftlichen Unternehmen erfüllt werden. Wollen also die Raiffeisen-Genossenschaften auch weiterhin ihre traditionelle Funktion innehaben, müssen sie ihre Positionen gegenüber ihren Mitgliedern verändern. Die hieraus resultierende Herausforderung kann derart beschrieben werden, dass Genossenschaften die Ansprüche der Kettenunternehmen insbesondere des Pivotunternehmens an die landwirtschaftlichen Mitglieder übermitteln muss. Es ist somit entscheidend für ihre zukünftige Existenz, dass sie in der Lage sind, die Ansprüche der Kette teilweise gegen die Interessen der eigenen Mitglieder durchzusetzen. Um langfristig wettbewerbsfähig zu bleiben, müssen Genossenschaften dementsprechend als erstes die momentane Mengensorientierung in eine Kunden- und Qualitätsorientierung ändern; des Weiteren müssen sich Genossenschaften als Teil des strategischen Netzwerkes verstehen, sodass die Ansprüche des Netzwerkes mit den Ansprüchen der Mitglieder vereint bzw. gegen diese durchgesetzt werden müssen.

Unter diesen Umständen gehen wir davon aus, dass Raiffeisen-Genossenschaften auch in Zukunft existieren. Nicht geklärt ist hingegen die Frage, ob sie auch als fokales Unternehmen agieren können. Zur Beantwortung dieser Frage muss beachtet werden, dass ein Pivotunternehmen die Aufgabe besitzt, das SCN zu koordinieren in dem u. a. zentrale Weisungen ausgegeben werden. Des Weiteren muss bedacht werden, dass der Kettenkapitän mit seiner Reputation gegenüber den Verbrauchern als Garant für die Qualität und Sicherheit entlang der gesamten Food Chain der produzierten Güter auftritt. Hierfür ist es nötig, dass ein SCN im Gegensatz zu Genossenschaften ein geschlossenes System darstellt und die Qualitätseigenschaften kontinuierlich überprüft werden. Damit diese Kontrolle von den Konsumenten als glaubwürdig wahrgenommen wird, müssen festgestellte Qualitätsmängel harsche Sanktionen nach sich ziehen. Auf der einen Seite benötigt dementsprechend das fokale genossenschaftliche Unternehmen Macht gegenüber den Mitgliedern und den anderen Netzwerkunternehmen und auf der anderen Seite muss es Anreize zum kooperativen Verhalten aussenden, um so das opportunistische Verhalten auf ein Minimum zu reduzieren. Da Supply Chain Networks kundenorientiert sind, um im Wettbewerb mit den anderen Kettensystemen zu bestehen, determiniert sich auch die zu produzierende Menge aus der nachgefragten Menge und nicht aus den angelieferten Mengen der Mitglieder. Deswegen müssen die landwirtschaftlichen Mitglieder die produzierte Menge an Rohstoffen flexibel an die Nachfrage (der Endkonsumenten) anpassen. Um den Verbraucheransprüchen bezüglich Transparenz und Rückverfolgbarkeit gerecht zu werden, muss das Supply Chain Network also langfristige vertikale Bindungen aufweisen. Eine Selektion der Mitglieder muss stattfinden und Kontroll- und Sanktionsmechanismen müssen

installiert werden. Ferner können durch vertragliche Bindungen zwischen den Mitgliedern und ihren Genossenschaften nicht nur eine gegenseitige Planungs-, Handlungs- und Kalkulationssicherheit gewährleistet, sondern auch die Zusammenarbeit gefestigt und die Rohstoffbeschaffung weitgehend sichergestellt werden. Weiterhin tragen längerfristige Vertragsabschlüsse zur Stabilität der Beziehungen bei und schaffen die Voraussetzungen für die Honorierung solcher Bindungen.

Durch die Festlegung von Produktionsbedingungen, Qualitäten, Mengen und Terminen können sich genossenschaftliche Pivotunternehmen im Wettbewerb mit anderen Supply Chain Networks behaupten, da diese Grundlagen für den Aufbau von attraktiven überregionalen, möglichst bundesweiten eigenständigen Marken notwendig sind<sup>6)</sup>. Bundesweit durchsetzen kann sich eine Marke nur, wenn sie sowohl vom Handel als auch vom Verbraucher als erstklassig eingestuft wird. Dazu ist es erforderlich, dass der Qualitätsgedanke von Genossenschaften und landwirtschaftlichen Mitgliedern durchgängig und konsequent praktiziert wird. Gerade die genossenschaftlichen Unternehmen haben durch die Nähe zur landwirtschaftlichen Produktion den besonderen Vorteil, dass sie die Herkunft der Produkte bis hin zum landwirtschaftlichen Rohstoff garantieren können. Durch den Aufbau gemeinsamer Herkunfts- und Qualitätssicherungssysteme, auf der Basis vertraglicher Grundlagen zwischen den Mitgliedern und ihren Genossenschaften, ist dies zu dokumentieren und dem Handel und den Verbrauchern zu vermitteln. Für die Ausgestaltung der vertraglichen Bindungen und Beziehungen zwischen Genossenschaften untereinander und den Genossenschaften und ihren Zentralen kann der genossenschaftliche Verbund genutzt werden.

#### 4.2 Mitgliederselektion

Die vorangegangenen Ausführungen haben gezeigt, dass es für einen Kettenkapitän sehr wichtig ist, zentrale Weisungsbefugnisse zu besitzen und dass er diese auch durchsetzen kann. Dies impliziert, dass ein fokales genossenschaftliches Unternehmen ebenfalls bestimmen kann welche Unternehmen dem Netzwerk angehören und welche seiner Genossenschaftsmitglieder gegebenenfalls ausscheiden müssen. Somit ist es Aufgabe des Pivotunternehmens seine Mitglieder in homogene Gruppen zu ordnen, sodass diese ein gemeinsames Ziel und ähnliche Strategien verfolgen. Durch die Formation solcher strategischen Mitgliedergruppen ist es dem fokalen Unternehmen möglich gruppenspezifische Qualitätsstandards wie z. B. Lieferzeitpunkte durchzusetzen und gleichzeitig aufgrund der homogenen Ausrichtung eine Win-Win-Situation zu erzeugen (18).

Das in den USA eingeführte Genossenschaftsmodell „New Generation Co-operatives“, welches nachfolgend in den wichtigsten Punkten zusammengefasst wird, könnte ebenfalls ein mögliches Konzept für ländliche Genossenschaften in der Zukunft sein. Das Konzept der „New Generation Co-operatives“ besteht aus diesen genossenschaftlichen Organisationsprinzipien:

- I. begrenzte Mitgliederanzahl und -anteile,
- II. hoher Eigenkapitalanteil,
- III. die Verpflichtung des Mitglieds zur Lieferung der Rohstoffe,
- IV. Handelbarkeit der Anteile, da diese mit Produktionsrechten und -pflichten verbunden sind,
- V. Vererbung oder Verkauf der Anteile durch die Verknüpfung mit Lieferrechten,
- VI. gezielte Investitionen in eine wertschöpfungsorientierte Produktion, um den Mitgliedern eine vertikale Integration zu ermöglichen und ihre Erlöse durch eine höhere Position auf der Nahrungsmittelkette zu steigern und
- VII. konsequente Ausrichtung auf nur ein zu verarbeitendes Produkt (12, S. 264–277).

Die dargestellte Unternehmensform ist besonders für Nischenprodukte interessant, da sie durch die Ausrichtung auf ein Endprodukt die Wertschöpfung erhöht. Für die Landwirte ist die Form der „New Generation Co-operatives“ dann interessant, wenn durch die Konzentration auf ein Produkt neue Geschäftsfelder und Einkommensquellen entstehen. Durch die Kopplung der Anteile mit Produktionsrechten und die Begrenzung der Geschäftsanteile ergibt sich ein doppelter Wert für die Anteile. Der Wert dieses Geschäftsanteils setzt sich in diesem Fall aus dem Preis für den Anteil und dem Wert des Produktionsrechts zusammen. Zahlt die Genossenschaft einen hohen Preis für die vom Anteilseigner erzeugte Ware, dann steigen der Deckungsbetrag für die Frucht und damit der Wert für das Produktionsrecht. Hier sei zum Vergleich an die Preise, die für Milch- und Zuckerrübenquoten bezahlt werden, erinnert. Durch Zustimmung der Geschäftsführung können an jeden Interessenten die Geschäftsanteile weiterveräußert werden. Dadurch entfällt auch das für viele Anteilseigner große Problem der Kündigungsfrist von Anteilen bei Genossenschaften (7, S. 348–360; 12, S. 264–277; 36, S. 1273–1279).

Das Konzept der „New Generation Co-operatives“ löst für die Genossenschaft mehrere Probleme. Zum einen investieren die Mitglieder mehr Kapital, zum anderen wird durch die weitere Verarbeitung, den Aufbau eines Markennamens und der Konzentration auf ein Produkt ein höherer Gewinn erzielt. Durch das Produktionsrecht und die Produktionspflicht kann sich die Genossenschaft auf eine konstante Warenbelieferung verlassen. Dadurch kann das Unternehmen eigene Produktionsanlagen konstant auslasten, längere Vertragsdauer für ihre Produkte abschließen und konstante Qualitäten liefern.

### 4.3 Herausforderungen auf Spartenebene

In Analogie zu der Vorgehensweise in Kapitel 2 werden wir nun ebenfalls die Genossenschaften auf den einzelnen Stufen der Wertschöpfungskette hinsichtlich ihrer zukünftigen Bedeutung und den resultierenden Herausforderungen untersuchen.

Da die betrachteten Konsumentengenossenschaften als Lebensmitteleinzelhändler tätig sind, können die Herausforderungen für sie in Analogie zu denen der Einzelhandelsgenossenschaften betrachtet werden. Für den gesamten Einzelhandel stellen wir fest, dass in den vergangenen Jahren eine Wandlung hinsichtlich des Funktionsbereiches stattgefunden hat. Während traditionell der Lebensmitteleinzelhandel als Erfüllungsgehilfe der Hersteller nur die klassischen Handelsfunktionen übernommen hat, lässt sich seit den 1980er-Jahren eine Emanzipation feststellen, wobei die Abschaffung der Preisbindung als Anfangspunkt bezeichnet werden kann. Heute ist neben den hohen Konzentrationsraten insbesondere die Etablierung von Handelsmarken als Katalysator für das Machtstreben der Handelshäuser anzusehen. Da für Handelsmarken die Handelsunternehmen, als Qualitätsgaranten von den Verbrauchern angesehen werden, ergibt sich hieraus die Konsequenz, dass die Handelsunternehmen die Funktion des Kettenkapitäns übernehmen. Hierbei sehen wir die Herausforderung, dass die Handelsunternehmen sich der Markenverantwortung bewusst werden und somit ihre Lieferantenbeziehungen ändern. Die konfliktreichen und auf Misstrauen basierenden Beziehungen müssen in vertrauensvolle, langfristige Kooperationen verändert werden. Für die genossenschaftlichen Handelsunternehmen besteht darüber hinaus die Herausforderung, die vielfältigen Interessen der selbständigen Mitglieder den zentralen (Ketten-)Anforderungen eines Pivotunternehmens anzupassen.

Da die Raiffeisen-Genossenschaften in unterschiedlichen Branchen operieren, untersuchen wir nachfolgend die einzelnen Sparten. Für die Sparte „allgemeine Warenwirtschaft“ gehen wir davon aus, dass sich die Majorität der Genossenschaften nicht als fokales Unternehmen etablieren. In den einzelnen Untersparten der „allgemeinen Warenwirtschaft“ werden sich die Genossenschaften aber hinsichtlich ihrer Aufgabenfülle unterscheiden. Während die Untersparten „Pflanzenschutz“, „Düngemittel“, „Agrartechnik“ und „Diver-

sifikationssparte“ nur als Zulieferer der landwirtschaftlichen Betriebe fungieren, nehmen die Untersparten „Futtermittel“ und „Saatgut“ ein größeres Aufgabenspektrum wahr. Da diese Genossenschaften Produkte vermarkten, welche aus verschiedenen Inhaltsstoffen bestehen, müssen diese Unternehmen als Koordinator eines Subsystems fungieren und für die Untadeligkeit der Produkte garantieren. Somit bezeichnen wir sie als Systemlieferanten. Des Weiteren lässt sich für die Untersparten „Futtermittel“, „Saatgut“, „Pflanzenschutz“ und „Düngemittel“ feststellen, dass sie im Zuge eines „Ingredient Branding“<sup>(7)</sup> auch für den Konsumenten sichtbar werden könnten und somit das Potenzial hätten, eine größere Bedeutung in der Wertschöpfungskette zu erhalten. Beispielsweise könnte eine genossenschaftliche „Ingredient Brand“ im Bereich Saatgut die absolute GMO-Freiheit garantieren und entsprechend ausloben.

Für die Sparte „Milchwirtschaft“ lässt sich konstatieren, dass zwar genossenschaftliche Unternehmen ca. 65 % der angelieferten Menge verarbeiten, jedoch wertmäßig bei Weitem nicht einen solchen Marktanteil halten. Dies kommt daher, dass Molkerei-Genossenschaften primär Handelsmarken produzieren und keine marktführenden Marken besitzen. Somit stellen wir fest, dass auch die Majorität der Molkerei-Genossenschaften keinen Kettenkapitän darstellen und auch weiterhin primär als Bündler der angelieferten Menge fungieren und Handelsmarken produzieren werden.

Da sich die Sparte „Vieh und Fleisch“ traditionell auf die Schlachtung und Zerlegung konzentriert haben, wird auch hier die überwiegende Menge als nicht-markierte Ware vermarktet. Jedoch ist festzustellen, dass verschiedene Genossenschaften beispielsweise Westfleisch anfangen, das Fleisch zu markieren, sodass sie gegenüber dem Endverbraucher für die Qualität des Fleisches garantieren. In diesem Fall besteht die Notwendigkeit, dass sich die Genossenschaft als fokales Unternehmen etabliert und entsprechend den oben beschriebenen Anforderungen an einen Kettenkapitän handelt.

Die Vermarktung der Produkte der Sparte „Obst und Gemüse“ erfolgt im Allgemeinen als unmarkierte Ware über den Absatzkanal Lebensmitteleinzelhandel. Hieraus folgt wieder, dass Genossenschaften eine Bündelungsfunktion übernehmen aber nicht als Kettenkapitän auftreten. Versuche, eine Marke zu etablieren wie beispielsweise bei der Gartenbauzentrale in Papenburg, sind zu beobachten. Jedoch sehen wir diese Versuche als sehr kritisch an, da insbesondere bei Frischeprodukten die Gefahr der adversen Selektion durch die Möglichkeit der Direktvermarktung der Produkte durch die einzelnen Mitglieder besteht. Somit gehen wir davon aus, dass die qualitativ höherwertigen Produkte nicht durch die Genossenschaften vermarktet werden und somit für die Mitglieder kein Anreiz besteht, der Zentrale weitreichende Weisungs- und Sanktionsbefugnisse zu erteilen.

Aufgrund ihrer Struktur als Produktionsgenossenschaften sehen die „Agrargenossenschaften“ die Produktion von landwirtschaftlichen (Roh-)Waren als ihre primäre Funktion an. Somit gehen wir davon aus, dass sie nicht als Pivotunternehmen agieren werden, außer für den Bereich der Direktvermarktung und für die weiterverarbeiteten Produkte, welche sie an die Endkäufer vermarkten. In diesen beiden Fällen gelten sie als Qualitätsgarant und fungieren somit als fokales Unternehmen.

Wir halten als Zwischenfazit fest, dass wir davon ausgehen, dass genossenschaftlich organisierte Lebensmitteleinzelhändler für ihre Handelsmarken als Kettenkapitän agieren werden. Für die restlichen Genossenschaften betrachten wir es eher als die Ausnahme als den Regelfall, dass sie als Kettenkapitän fungieren werden, sodass sie die Funktionen als Bündler großer Mengen oder als Systemlieferant ausüben werden.

#### 4.4 Auswirkungen auf das genossenschaftliche Netzwerk im Agri-Food Business

Die Wandlung des Agri-Food Business hat nicht nur Konsequenzen auf der Stufe der Primär-genossenschaften zur Folge, sondern betrifft das gesamte genossenschaftliche Netzwerk. Hierbei muss unterschieden werden zwischen den Auswirkungen der Konsolidierung auf der primären und sekundären Ebene sowie den Bemühungen der Zentralisierung der regionalen und nationalen Verbände.

Wie in Kapitel 2 dargelegt, hat sich die Anzahl der primären und sekundären Raiffeisen-Genossenschaften seit 1950 kontinuierlich verringert, während sich die Umsatzerlöse vervielfacht haben. Da sich diese Entwicklung im Zuge der Strategie „der Bündelung der Kräfte“ auch weiterhin fortschreiben lässt, hat dies zur Folge, dass die am Markt verbleibenden Genossenschaften signifikant größer sind als die traditionellen Genossenschaften. Die Unterschiede zwischen den Funktionen der primären und sekundären Stufe werden hierdurch nivelliert, sodass beide Stufen in Funktionskonkurrenz zueinander treten. Inzwischen sind beispielsweise einige Primär-genossenschaften so groß, dass sie von der Industrie direkt beliefert werden und die traditionelle Funktion der sekundären Ebene redundant wird. Auf der anderen Seite übernehmen die Hauptgenossenschaften traditionelle Funktionen der primären Stufe wie z. B. die Vermarktung von Getreide oder den Bereich der Agrartechnik. Dieser Konflikt betrifft im Besonderen die Sparte „allgemeine Warenwirtschaft“. Hingegen muss für die Sparten „Milch“ sowie „Vieh und Fleisch“ festgestellt werden, dass die Genossenschaften der primären Stufe dort bereits eine so große Bedeutung besitzen, dass die Sekundär-genossenschaften nur noch einen geringen Markteinfluss haben. Für die Sparte „Obst und Gemüse“ ist jedoch anzumerken, dass hier die Primär-genossenschaften dominieren. Für die Sparte „Wein“ lässt sich konstatieren: Es ist zu beobachten, dass sich eine Aufgabentrennung als Reaktion auf die Konsolidierung des Marktes abzeichnet. Während die Primär-genossenschaften die Funktionen des Ausbaues des Weins und der (lokalen) Vermarktung übernehmen, unterstützen die Winzerzentralen die Primär-genossenschaften bei der überregionalen Vermarktung ihrer Weine<sup>8)</sup>. Abschließend ist anzumerken: Während in Deutschland die Aufgabenverteilung und somit die zukünftige Bedeutung der primären und sekundären Stufe nur teilweise geklärt ist, wurde in einer Untersuchung über die Genossenschaften in den Niederlanden gezeigt, dass dort entweder auf der einen Seite die Zerschlagung von Sekundär-genossenschaften zu beobachten ist oder auf der anderen Seite Sekundär-genossenschaften eine Fokussierung auf einen Schwerpunkt verfolgen (7, S. 348–360; 8, S. 1153–1159).

Da die Raiffeisen-Genossenschaften durch ihre Mitgliedsbeiträge und durch die Pflichtprüfung zur Finanzierung der Verbände beitragen, hat der Konzentrationsprozess der Genossenschaften Auswirkungen auf die langfristige Finanzlage und Aufgabenfülle der Verbände. Dementsprechend versuchen die Verbände Aufgaben zu übernehmen und neue Dienstleistungen anzubieten. Hierbei stellt sich die Frage, welche Funktionen die Regionalverbände und welche der deutsche Raiffeisenverband in Zukunft übernehmen sollen. Da eine Vielzahl der angebotenen Leistungen derzeit sowohl von den regionalen Verbänden und dem nationalen Verband sowie den vielen Fachverbänden angeboten werden, kann davon ausgegangen werden, dass eine Selektion der Verbandsfunktionen stattfinden wird, da die Primär- und Sekundär-genossenschaften Doppelmitgliedschaften in Zukunft stärker reduzieren werden. Für die genossenschaftlichen Verbände prognostizieren wir, dass auf der einen Seite die Konsolidierung auf der regionalen Ebene weiter voranschreiten und auf der anderen Seite der deutsche Raiffeisenverband primär auf europäischer Ebene wirken wird. Wir gehen somit davon aus, dass auch in Zukunft eine strikte Arbeitsteilung vorherrscht, so dass der DRV weiterhin keine fokale Stellung mit entsprechender Weisungsbefugnis und Macht in dem genossenschaftlichen Netzwerk einnehmen wird.

In den vergangenen Jahren konnte man bei den Handelsgenossenschaften feststellen, dass ein Konflikt über das Ausmaß der Macht und der Weisungsbefugnisse der nationalen Zentralen gegenüber den Regionalgesellschaften entstanden ist. Während die Regionalgesellschaften – getragen durch die vergleichbar gute Performance<sup>9)</sup> ihrer Mitglieder – auf ihre Eigenständigkeit verweisen, betonen die Zentralen die potenziellen Ersparnisse durch das Bündeln des Einkaufsvolumens sowie auf mögliche Kostenersparnisse. Des Weiteren bedingt eine erfolgreiche (Handels-)Markenführung, dass die Zentralen Entscheidungs- und Weisungsbefugnisse vorhanden sind. Diese werden in der Zukunft um so stärker benötigt, da wie in Kapitel 3 beschrieben, eine Markenführung bedingt, dass der Markeninhaber sich für die Qualität – sowohl intern als auch für das ganze Netzwerk – verbürgt. Wir gehen somit davon aus, dass auf der einen Seite die Regionalgesellschaften in Zukunft sehr selbstbewusst die Interessen ihrer Mitglieder vertreten werden, aber sich auf den Einkauf und die Distribution von regionalen und lokalen Produkten spezialisieren werden. Für die anderen Produkte und insbesondere die Handelsmarken gehen wir davon aus, dass die Handelszentralen die Entscheidungen treffen werden, sodass langfristig die Handelszentralen an Macht gewinnen werden.

## 5 Fazit

Genossenschaften sind traditionell ein wichtiger Bestandteil der deutschen Agrar- und Ernährungswirtschaft. Somit werden die Veränderungen des Agri-Food Business wiederum Auswirkungen auf das deutsche Genossenschaftswesen haben. Nicht nur, aber sicherlich katalysiert durch die BSE- und MKS-Krise Anfang dieses Jahrtausends, befindet sich die deutsche Agrar- und Ernährungswirtschaft in einer Repositionierungs- und Restrukturierungsphase. Es konnte gezeigt werden, dass der horizontale Wettbewerb auf Spotmärkten von einem vertikalen Wettbewerb einzelner Ketten in einem hohen Maße substituiert wird. Dies hat zur Folge, dass vertikal kooperierende Systeme entstehen, welche hohe Anforderungen an die Akteure stellen. Als ein solches wurde das Supply Chain Network vorgestellt. Diese strategischen Netzwerke, welche von einem Kettenkapitän koordiniert werden, sind strikt an den Bedürfnissen und Wünschen der Endverbraucher ausgerichtet. Somit bestimmen auch die Konsumenten die Qualität. Dementsprechend müssen die Rohstoffe bestimmte von Konsumenten geforderte Qualitätseigenschaften vorweisen.

Da das fokale Unternehmen als Garant für die Qualität auftritt, muss es die gesamte Wertschöpfungskette überwachen und gegebenenfalls Änderungen anweisen können. Supply Chain Networks stellen somit geschlossene vertikale System dar, in denen auf der einen Seite das Pivotunternehmen zentrale Weisungs- und Machtbefugnisse hat, es jedoch auf der anderen Seite Win-Win-Situationen kreieren muss, um die Unternehmen des Netzwerkes zu einem kooperativen Verhalten zu animieren und Opportunismus zu reduzieren.

Allgemein haben wir festgestellt, dass die Majorität der Genossenschaften Schwierigkeiten haben werden, den Anforderungen eines fokalen Unternehmens gerecht zu werden. Die Ausgestaltung der Rolle von Genossenschaften unterscheidet sich zwischen den verschiedenen Genossenschaften erheblich. Während die Genossenschaften, welche im Lebensmitteleinzelhandel tätig sind, für ihre Handelsmarken die Führung der strategischen Netzwerke übernehmen werden, beschränkt sich die Rolle der meisten Raiffeisen-Genossenschaften auf die Rolle eines Lieferanten eines Supply Chain Networks. Um in der Zukunft eine größere Bedeutung zu erlangen, haben wir die Konzepte der strategischen Mitgliedergruppen und der „New Generation Co-operatives“ vorgestellt. Eine weitere Alternative stellt die Umwandlung in eine genossenschaftliche AG dar. Egal welche dieser Alternativen die Raiffeisen-Genossenschaften umsetzen werden; so müssen sich diese

Genossenschaften einem starken Wandlungsprozess unterwerfen, wenn sie als Kettenkapitän agieren wollen. Dieser Wandel ist nur möglich, wenn den Mitgliedern, welche die Genossenschaften bilden, die zukünftigen Veränderungen und daraus erwachsenden Ansprüche auf den Nahrungsmittelmärkten deutlich gemacht werden, sodass diese, als Eigentümer der Genossenschaft, den Wandel unterstützen.

Der Wandel des Agri-Food Business hat aber nicht nur Auswirkungen auf der Unternehmensebene, sondern betrifft das gesamte genossenschaftliche Netzwerk. Wir gehen davon aus, dass in Zukunft die Primär- und Sekundär-genossenschaften – aufgrund der Konsolidierungsentwicklung – erheblich stärker miteinander konkurrieren werden. Des Weiteren sehen wir einen verschärften Wettbewerb zwischen den Regionalverbänden und den nationalen Verbänden voraus. Somit gehen wir davon aus, dass sich in Zukunft die Rolle der Genossenschaften und des genossenschaftlichen Netzwerkes erheblich ändern wird.

### Zusammenfassung

Genossenschaften sind traditionell ein wichtiger Bestandteil der deutschen Agrar- und Ernährungswirtschaft. Somit werden die Veränderungen des Agri-Food Business wiederum Auswirkungen auf das deutsche Genossenschaftswesen haben. Derzeit zeigt sich, dass in der Agrar- und Ernährungswirtschaft vertikal kooperierende Systeme entstehen. Innerhalb solcher strategischen Netzwerke koordiniert ein fokales Unternehmen die einzelnen Aktionen der beteiligten Unternehmen. Da das fokale Unternehmen als Garant für die unternehmensübergreifende Qualität der Lebensmittel angesehen wird, muss es die gesamte Wertschöpfungskette überwachen und gegebenenfalls Änderungen anweisen können.

Allgemein haben wir festgestellt, dass die Majorität der Genossenschaften Schwierigkeiten haben werden, den Anforderungen eines fokalen Unternehmens gerecht zu werden. Jedoch die Ausgestaltung der Rolle von Genossenschaften unterscheidet sich zwischen den verschiedenen Genossenschaften erheblich. Während die Genossenschaften, welche im Lebensmitteleinzelhandel tätig sind, für ihre Handelsmarken die Führung der strategischen Netzwerke übernehmen werden, beschränkt sich die Rolle der meisten Raiffeisen-Genossenschaften auf die Rolle eines Lieferanten eines Supply Chain Networks.

### Summary

#### *How the changes in the German agri-food industry are affecting co-operatives*

Traditionally co-operatives have been an important and essential part of the German agri-food industry. On account of this, changes in and of the agri-food industry will have consequences for the German co-operative sector in general and for each individual co-operative. In the context of structural changes in the agri-food business an important role is played by the formation of organizations which cooperate vertically and which can be characterized as strategic networks. Within this particular type of network a focal company coordinates the actions of the firms involved. Moreover, because the focal company is regarded as the guarantor for the quality of food products of all the companies involved it is the duty of the focal company to monitor food quality throughout the chain. Therefore, if necessary the focal company has to be able to enforce changes in the production processes at the collaborating firms.

Generally we have ascertained that the majority of the German co-operatives will face difficulties in meeting the requirements of a focal company. However, we think that the roles that the different co-operatives will hold in supply chain networks will vary widely. Whereas retail co-operatives have to accept and fulfill the function as a focal company for their own (retailer) brands the role of the majority of Raiffeisen co-operatives will be that of a supplier.

### Résumé

#### *Les coopératives dans le contexte des changements observés dans l'industrie agroalimentaire allemande*

En Allemagne, les coopératives sont traditionnellement un maillon important et essentiel du secteur agroalimentaire. En revanche, tout changement dans ce secteur affectera aussi le système des coopératives. En des temps de changements structurels dans le secteur agroalimentaire, on peut considérer



la formation de filières intégrées verticalement comme une composante importante à prendre en compte. Au sein de ces systèmes, une entreprise focale coordonne les activités de tout le réseau stratégique constitué des autres entreprises de la chaîne. De plus, cette entreprise étant considérée comme garante de la qualité des produits délivrés en bout de chaîne, elle doit pouvoir exercer un contrôle, voire imposer des mesures d'amélioration nécessaires tout au long de la filière.

Nous avons constaté qu'en général, la majorité des coopératives aura des difficultés à satisfaire les exigences fixées par une telle entreprise focale. Cependant, les rôles occupés par les coopératives au sein de leurs filières respectives sont très hétérogènes. Tandis que les coopératives du commerce de détail doivent accepter et remplir les fonctions d'une entreprise focale du réseau stratégique concerné pour vendre leurs propres marques, les tâches des coopératives Raiffeisen se limitent à la simple livraison de biens en aval de la filière.

## Literatur

1. Arbeitskreis „Das Unternehmen im Markt“, 1995: Vertikale Geschäftsbeziehungen zwischen Industrie und Handel. Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, Sonderheft 35, S. 179–204.
2. ASCHHOFF, G.; HENNINGSEN, E., 1995: Das deutsche Genossenschaftswesen, Fritz Knapp Verlag, Frankfurt.
3. BELLMANN, K., 1996: Produktionsnetzwerke – ein theoretischer Bezugsrahmen. In: WILDEMANN, H. (Hrsg.): Produktions- und Zuliefernetzwerke. München, S. 47–64.
4. BÖCKER, A.; HANF, C.-H., 2000: Confidence lost and – partially – regained: consumer response to food scares. *Journal of Economic Behavior & Organization* 43, S. 471–485.
5. BOGASCHESKY, R., 1995: Vertikale Kooperation – Erklärungsansätze der Transaktionskostentheorie und des Beziehungsmarketings. *Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, Sonderheft 35*, S. 159–178.
6. BURR, B., 1999: Koordination durch Regeln in selbstorganisierenden Unternehmensnetzwerken. *Zeitschrift für Betriebswirtschaft* 69 (10), S. 1159–1179.
7. CHADDAD, F. R.; COOK, M. L., 2004: “Understanding New Cooperative Models: An Ownership-Control Rights Typology”. *Review of Agricultural Economics* 26 (3), S. 348–360.
8. COOK, M. L., 1995: The Future of U.S. Agricultural Cooperatives: A Neo-Institutional Approach. *American Journal of Agricultural Economics* 77 (5), S. 1153–1159.
9. DRV, 2004: Bericht 2004, Deutscher Raiffeisen Verband, Bonn.
10. DRV, 2007: Bericht 2006 – Ausblick 2007, Deutscher Raiffeisen Verband, Bonn.
11. DRESCHER, K., 1993: Methodischer Ansatz zur Messung vertikaler vertraglicher Bindungen. *Agrarwirtschaft* 42, S.266–276.
12. –; RATJEN, U., 1999: New Generation of Co-operatives – Möglichkeiten und Grenzen der Übertragbarkeit auf die Bundesrepublik Deutschland. *ZfG*, 49 (4), S.264–277.
13. DYER, J. H., 1997: Effective Interfirm Collaboration: How Firms minimize Transaction costs and Maximize Transaction Value. *Strategic Management Journal* 18, S. 535–556.
14. HANF, C.-H.; DRESCHER, K., 1994: Der Einfluss von Verbraucherverhalten, Produktqualität und technischem Fortschritt auf die vertikale Koordination im Nahrungsmittelsektor. *Agrarwirtschaft* 43 (12), S. 423–430.
15. HANF, J.; ANDREÄ, K., 2004: As a Consequence of Change – Supply Chain Networks in the Agri-Food Business. *Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues* 40, S. 387–394.
16. –; KÜHL, R., 2002: Consumer values vs. economic efficiency in food chains and networks. In: TRIEKENS, J. H.; OMTA, S. W. F. (Hrsg.): *Paradoxes in the food Chain and Networks*. Wageningen Academic Publishers, S. 35–43.
17. –; –, 2004: Strategy focused Supply Chain Networks. In: BREMMERS, H. J.; OMTA, S. W. F.; TRIEKENS, J. H.; WUBBEN, E. F. M. (Hrsg.): *Dynamics in Chain and Networks*. Wageningen Academic Publishers, S. 104–110.
18. –; SCHWEICKERT, E., 2003: Co-operative Success by Forming a Strategic Member Group. Paper presented at the conference Vertical Markets and Co-operative Hierarchies. Bad Herrenalb, Germany.
19. KAAS, K. P.; GEGENMANTEL, R., 1995: Ökonomische Determinanten der Macht auf dem Lebensmittelmarkt. *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, 65, 885–904.
20. KARGERHUBER, M.; KÜHL, R., 2002: Unterschiede und Gemeinsamkeiten vertikaler Prozessorganisationen im Bereich der integrierten tierischen Produktion und Vermarktung, ein europäischer Vergleich erfolgreicher Konzepte, Schriftenreihe Rentenbank 16.
21. KOTLER, P.; BLIMEL, F., 1999: *Marketing-Management*. Vol. 9, Stuttgart, Schäffer-Poeschel.
22. KPMG, 2000: *Vertikalisierung im Handel*. Beratungsstudie.

23. KÜHL, R.; HANF, J., 2001: Wettbewerbsvorteil Kundenzufriedenheit? Genossenschafts-Kurier Hessen/Rheinland-Pfalz/Thüringen, 2001, S.32–33.
24. JARILLO, J. C., 1988: On strategic networks. Strategic Management Journal 9, S. 31–41.
25. Lebensmittelzeitung, 2006: Die Marktbedeutenden Handelsunternehmen 2006, Sonderheft der Lebensmittelzeitung, Frankfurt, Deutschland.
26. MEDCOF, J. W., 2001: Resource-based strategy and managerial power in networks of internationally dispersed technology units. Strategic Management Journal 22, S. 999–1012.
27. MENARD, C.; KLEIN, P. G., 2004: Oranizational Issues in the Agrifood Sector: Toward a Comparative Approach. American Journal of Agricultural Economics 86, S. 750–755.
28. –, 2004: The Economics of Hybrids Organizations. Journal of Institutional and Theoretical Economics 160, S. 1–32.
29. MÜLLER, M.; SEURING, S.; GOLDBACH, M., 2003: Supply Chain Management – Neues Konzept oder Modetrend. Die Betriebswirtschaft 63 (4), S. 419–439.
30. OTTO, A.; KOTZAB, H., 2001: Der Beitrag des Supply Chain Management zum Management von Supply Chains – Überlegungen zu einer unpopulären Frage. Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung 53, S. 157–176.
31. Raiffeisen, 2007, Statistische Daten, online Abfrage, 17.07.2007, <http://www.raiffeisen.de/>.
32. Statistisches Jahrbuch, 2000: Metzler Poeschel Verlag, Stuttgart.
33. –, 2004: Metzler Poeschel Verlag, Stuttgart.
34. SYDOW, J., 1991: Strategische Netzwerke in Japan. Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung 43 (3), S. 238–254.
35. –, 2001: Zum Verhältnis von Netzwerken und Konzernen: Implikationen für das strategische Management. In ORTMANN/SYDOW: Strategie und Strukturen. Strategisches Management von Unternehmen, Netzwerken und Konzernen. Wiesbaden, S. 269–296.
36. SYKUTA, M. E.; COOK, M. L., 2001: A New Institutional Economics Approach to Contracts and Cooperatives, American Journal of Agricultural Economics 83, S. 1273–1279.
37. WEICHMANN, D., 2002: Ende gut – alles gut. Lebensmittelzeitung, 9, S. 2.
38. WILDEMANN, H., 1997: Koordination von Unternehmensnetzwerken. Zeitschrift für Betriebswirtschaft 67 (4), S. 417–439.

### Fußnoten

- <sup>1)</sup> Die Umsatzsteigerung der EDEKA Gruppe zu den Vorjahren kann durch die Übernahmen von der SparAG sowie Netto Süd (Schels) erklärt werden (25).
- <sup>2)</sup> Die gesamten Umsatzerlöse lagen im Jahr 2003 bei ca. 39,5 Mrd. € (9).
- <sup>3)</sup> Hierunter versteht man niedrigpreisige Konsumgüter des alltäglichen Bedarfs, mit welchen sich der Konsument nur wenig auseinandersetzt (21).
- <sup>4)</sup> Sicherlich ist die BSE/MKS Krise im Winter 2000/01 nicht die einzige Lebensmittelkrise, aber unbestritten ist, dass dieses Ereignis einen signifikanten Einfluss auf die Veränderung des Agri-Food Business hatte.
- <sup>5)</sup> Stark ausgeprägt sind solche Hersteller-Zuliefer-Beziehungen in der Automobilbranche, in der ein Hersteller circa 30–40 Systemlieferanten besitzt, welche wiederum 10–20 Sublieferanten und 200–400 eigene Zulieferer haben (38, S. 417–439)
- <sup>6)</sup> Entwicklung und Distribution eigenständiger Marken und die Markenpflege erfordern einen hohen Aufwand, der in der Regel nur von großen Genossenschaften aufgebracht werden kann.
- <sup>7)</sup> Beispiele für „Ingredient Branding“ sind „Intel Inside“, „Goretex“ und „Nutrasweet“.
- <sup>8)</sup> Dieses wird gefördert dadurch, dass die Sekundär-genossenschaften seit längerer Zeit Wein unter eigenem Label vermarkten, sodass sie als Türöffner fungieren.
- <sup>9)</sup> Vergleicht man die Leistungsmerkmale von Regiemärkten mit denen der Selbständigen, so zeigt sich dass der SEH eine bessere wirtschaftliche Performance hat. Entsprechend fördern zzt. REWE und EDEKA die Umwandlung von Regie geführte Filialen in selbständige Handelsunternehmen.

*Autorenanschrift:* Dr. JON H. HANF, Leibnitz-Institut für Agrarentwicklung in Mittel und Osteuropa, Theodor-Lieser-Str. 2, 06120 Halle (Saale), Tel: 0345-2928246, Deutschland  
 Prof. Dr. RAINER KÜHL, Institut für Betriebslehre der Agrar- und Ernährungswirtschaft und Institut für Genossenschaftswesen an der Justus-Liebig-Universität Gießen, Senckenbergstr. 3, 35390 Gießen, Deutschland  
[hanf@iaino.de](mailto:hanf@iaino.de)  
[rainer.kuehl@agr.uni-giessen.de](mailto:rainer.kuehl@agr.uni-giessen.de)

## Bücherschau

LEINGÄRTNER: **Besteuerung der Landwirte**, Loseblatt.slg., München: Verlag C.H. Beck, 14. Ergänzungslieferung, Stand: November 2007, 346 S., 39,50 €, ISBN 978-3-406-56631-8

Mit der vorliegenden 14. Ergänzungslieferung wird hauptsächlich das Unternehmenssteuerreformgesetz 2008 in den Kommentar eingearbeitet, mit dem die im Koalitionsvertrag vereinbarte Reform der Unternehmensbesteuerung umgesetzt wird. Das Gesetz sieht im Wesentlichen folgende Entlastungsmaßnahmen vor:

- Senkung der steuerlichen Gesamtbelastung von Kapitalgesellschaften um rund 9 Prozentpunkte auf 29,8 % (wird insbesondere durch die Senkung des Körperschaftsteuersatzes von 25 % auf 15 % erreicht),
- Tarifierduzierung auf ebenfalls rund 29 % für Inhaber von bilanzierenden Personenunternehmen, soweit sie ihre Gewinne im Unternehmen belassen (spätere Gewinnnahmen führen zu einer Nachversteuerung),
- Verbesserung der Regelung des § 7g EStG für kleinere und mittlere Unternehmen, unter anderem Erhöhung der Höchstbeträge von 154 000 € auf 200 000 €.

Von der Absenkung des Körperschaftsteuersatzes profitieren insbesondere die großen in der Rechtsform einer Kapitalgesellschaft geführten luf Betriebe in den neuen Bundesländern. Auch die Tarifbegrenzung für Personengesellschaften auf ebenfalls 29,8 % dürfte nur größeren luf Personenunternehmen zugute kommen. Aus der Verbesserung des § 7g EStG können kleinere und mittlere luf Betriebe (bis Wirtschaftswert – bisher Einheitswert – von 125 000 € – entspricht etwa 60 ha), die ihren Gewinn durch Einnahmen-Ausgaben-Überschussrechnung bzw. Betriebsvermögensvergleich ermitteln, Zins- und Liquiditätsvorteile ziehen. Luf Betriebe, die ihren Gewinn nach Durchschnittssätzen ermitteln, können diese Möglichkeit systembedingt nicht nutzen.

Finanziert werden die Entlastungsmaßnahmen unter anderem durch:

- Abschaffung der degressiven Abschreibung für bewegliche Wirtschaftsgüter,
- Umgestaltung der Sofortabschreibungen für geringwertige Wirtschaftsgüter (Sofortabschreibungen nur noch für Wirtschaftsgüter bis 150 €, Wirtschaftsgüter von 100 € bis 1000 € werden in einem Sammelposten mit linearer Abschreibung über 4 Jahre zusammengefasst),

- Einführung einer Zinsschranke für Unternehmen, die Zinsaufwand in Höhe von mehr als 1 Mio. € pro Jahr geltend machen.

Von den Maßnahmen zur Finanzierung trifft die luf Betriebe zu einen die Abschaffung der degressiven Abschreibung und zum anderen die Umgestaltung der Sofortabschreibung für geringwertige Wirtschaftsgüter. Die übrigen Maßnahmen betreffen luf Betriebe nicht. Die Zinsschranke könnte allenfalls bei sehr großen luf Betrieben Bedeutung erlangen.

Die Unternehmenssteuerreform wird erwartungsgemäß kompetent und umfassend erörtert. Außerdem werden folgende Bereiche einer Gesamtüberarbeitung unterzogen: Liebhaberei in der Land- und Forstwirtschaft, Jagd, Verpachtung des Betriebes sowie Wirtschaftüberlassungsverträge zwischen Angehörigen. Schließlich wird das Sachregister aktualisiert.

RIEGLER

### KTBL-Heft 74 „Heizen mit Getreide – und was man darüber wissen muss“.

Darmstadt, 2007, 48 S., 8,00 Euro, ISBN 978-3-939371-50-2, Best.-Nr. 40074. Bestelladresse: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL), Bartningstr. 49, 64289 Darmstadt; (Tel.: 06151/7001 189, Fax: 06151/7001 123), Email: [vertrieb@ktbl.de](mailto:vertrieb@ktbl.de) oder im Online-Shop unter [www.ktbl.de](http://www.ktbl.de)

Nicht erst nach dem rasanten Anstieg der Getreidepreise in den vergangenen Monaten ist Getreide weltweit einer der begehrtesten Agrarrohstoffe, der zunehmend auch zur Erzeugung von regenerativer Energie nachgefragt wird. Die thermische Nutzung von Getreide, das lebens- und futtermittelrechtlichen Standards entspricht, ist derzeit nicht mehr wirtschaftlich. Allerdings könnten weiterhin minderwertige Partien (Bruchkörner, Siebkörner und mit Toxinen belastete Körner aus Landwirtschaft, Landhandel und verarbeitendem Gewerbe) lohnend als Brennstoff eingesetzt werden.

Dieses Heft gibt einen Überblick über das Thema Getreideverbrennung. Es zeigt die Vor- sowie Nachteile des Brennstoffes und erläutert die rechtlichen Rahmenbedingungen. Bisher sprach die fehlende eindeutige Grundlage auf Bundesebene gegen den Einsatz von Getreide als Brennstoff. Im Rahmen der für 2008 geplanten

Novellierung der 1. Bundes-Immissionsschutzverordnung ist die Aufnahme von Getreide als Regelbrennstoff vorgesehen.

Das Heft stellt verschiedene Feuerungsanlagen vor und erläutert mit Blick auf die Wirtschaftlichkeit, wann sich eine Getreideheizung

lohnt. Praktiker schildern ihre Erfahrung im Umgang mit der Technik. Zudem gibt es für alle, die einen Einstieg in die Getreideverbrennung planen, wertvolle Tipps zu Herstellern und weiteren Informationsquellen.

KTBL